



**Universidade de
Aveiro
2011**

Departamento de Engenharia Civil

**Nuno Filipe Rodrigues
Mariano**

**Impactos do uso da água no consumo de energia e
nas emissões de CO₂**



**Nuno Filipe Rodrigues
Mariano**

**Impactos do uso da água no consumo de energia e
nas emissões de CO₂**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e co-orientação científica do Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Professor Doutor Aníbal Guimarães da Costa
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Ana Cristina Ribeiro Afonso de Matos Coutinho
professora auxiliar do Departamento de Engenharias da Escola de Ciência e Tecnologia da
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Armando Baptista da Silva Afonso
professor associado convidado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

A realização de uma tese de mestrado, embora tenha uma avaliação individual, não deixa de ser uma tarefa de carácter colectivo. Por essa razão desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

À minha orientadora, Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues pela disponibilidade que demonstrou desde o início do trabalho, pelo apoio, dedicação e orientação prestada ao longo da elaboração da tese, além do interesse demonstrado pelas dúvidas expostas.

Ao meu co-orientador, Professor Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, pelo apoio, orientação e interesse que demonstrou pelo tema.

Às empresas do Grupo Águas de Portugal pelo envio dos dados solicitados, fundamentais na elaboração do caso de estudo.

À minha família, em especial aos meus pais, à minha tia Flora e ao meu irmão pelo constante apoio e incentivo nesta etapa.

À Ana pelo incansável apoio e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho, e pelo espírito crítico e comentários ao trabalho.

Aos meus amigos e colegas de curso que sempre me acompanharam nesta caminhada.

palavras-chave

Energia, água, emissões de CO₂, uso eficiente da água, eficiência energética

resumo

Este trabalho tem como objectivo analisar os impactos do uso da água no consumo de energia e emissões de CO₂.

O crescente desenvolvimento da sociedade tem estimulado a alteração dos padrões e níveis de vida das populações, ao que se tem associado o aumento da procura e consumo de água. Proporcionar às populações o abastecimento de água, saneamento de águas residuais e o aquecimento de água nas habitações, implica uma utilização intensiva de energia. Associado a este consumo de energia estão as emissões de CO₂ para a atmosfera. O aumento do uso eficiente da água é então crucial para a redução do consumo de energia e emissões de CO₂, associadas.

Este trabalho pretende contribuir para este tema, identificando as diversas etapas do uso da água e seus consumos de energia e emissões de CO₂ associados. No seguimento deste trabalho são apresentadas medidas para o uso eficiente da água de acordo com o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água.

Com o intuito de estimar o impacto do uso da água, no consumo de energia e emissões realizou-se um estudo ao nível da rede de distribuição de água e saneamento de águas residuais, e ao nível do uso final. Neste estudo são também quantificadas as reduções no consumo de energia, emissões de CO₂ e custos associados, a partir da aplicação de medidas de eficiência hídrica.

keywords

Energy, water, CO₂ emissions, water efficiency, energy efficiency

abstract

This work aims to analyze the impacts of water use in energy consumption and in CO₂ emissions.

The growing development of society has stimulated the changing patterns and levels of living. It has been associated with increased demand and consumption of water. The water supply, the wastewater sanitation and water heating, implies intensive energy consumption. Associated with this energy consumption are the emissions of CO₂ into the atmosphere. So increasing the efficient use of water is crucial for reducing energy consumption and CO₂ emissions associated.

This work aims to contribute to this theme, identifying the various stages of water use and their energy consumption and associated CO₂ emissions. Following this study, measures for the efficient use of water according to the National Plan for Water Efficiency are presented.

A study was conducted at the level of the water supply and wastewater sanitation, and at the end use level, in order to estimate the impact of water use in energy consumption and in CO₂ emissions. This study also quantifies the reductions in energy consumption, in CO₂ emissions and the costs from the application of water efficiency measures.

ÍNDICE GERAL

Índice geral	I
Índice de Figuras	V
Índice de Tabelas	VII
Símbolos e Acrónimos	IX
1. Introdução	1
1.1. Motivação	1
1.2. Enquadramento	1
1.3. Objectivos	2
2. Estado da arte	3
2.1. Introdução	3
2.1.1. A água	3
2.1.2. A energia	3
2.2. Eficiência energética	4
2.2.1. Considerações iniciais	4
2.2.2. Certificação energética de edifícios	4
2.2.3. Etiquetagem energética de equipamentos	6
2.2.4. Evolução da Regulamentação em Portugal	7
2.2.5. Consumo energético e emissões de CO ₂	10
2.3. Eficiência Hídrica	14
2.3.1. Considerações iniciais	14
2.3.2. Modelos existentes de avaliação da eficiência hídrica	15
2.3.3. Modelo de avaliação da eficiência hídrica em Portugal	20
3. A importância do uso eficiente da água	23
3.1. Uso da água: Indicador de eficiência	23
3.2. Eficiência actual do uso da água	23
3.3. Necessidade do aumento da eficiência do uso da água	25
3.3.1. Imperativo da água	25
3.3.2. Imperativo económico	26
3.3.3. Imperativo energético	28
3.3.4. Imperativo ambiental	30
4. Relação Água – Energia – CO ₂	31
4.1. Considerações iniciais	31
4.2. O Ciclo Urbano da Água	32

4.2.1.	Captação de água.....	33
4.2.2.	Tratamento da água.....	34
4.2.3.	Adução da água.....	35
4.2.4.	Armazenamento de água.....	37
4.2.5.	Distribuição de água.....	38
4.2.6.	Drenagem de efluentes.....	39
4.2.7.	Tratamento de efluentes	39
4.2.8.	Descarga e deposição.....	40
4.3.	Impacto do uso da água no consumo de energia	41
4.3.1.	Ao nível da rede de distribuição	41
4.3.2.	Ao nível do consumo final.....	44
4.4.	Águas Quentes Sanitárias	46
4.4.1.	Fontes de energia utilizadas	47
4.4.2.	Sistemas de AQS.....	55
4.5.	Emissões de CO ₂ provenientes do uso da água	66
4.6.	Cenário actual do sector de abastecimento de água potável em Portugal.....	69
4.6.1.	Consumo de energia	71
4.6.2.	Produção de energia e aproveitamento de fontes de energia renovável.....	72
4.6.3.	Emissões de GEE	73
5.	Medidas para o uso eficiente da água.....	75
5.1.	Considerações iniciais	75
5.2.	Ao nível da habitação.....	76
5.2.1.	Torneiras	77
5.2.2.	Autoclismos.....	79
5.2.3.	Chuveiros.....	81
5.2.4.	Máquina de lavar roupa.....	83
5.2.5.	Máquina de lavar louça.....	84
5.2.6.	Aproveitamento das águas pluviais	85
5.2.7.	Aproveitamento de águas cinzentas.....	88
5.3.	Ao nível da rede de abastecimento de água.....	89
5.3.1.	Perdas.....	89
6.	Caso de Estudo.....	93
6.1.	Caracterização.....	93
6.2.	Sistemas de Abastecimento Água e Saneamento de Águas Residuais.....	94
6.2.1.	Determinação das emissões de CO ₂	96
6.2.2.	Impacto das perdas de água nas emissões de CO ₂	102
6.3.	Sistema de abastecimento de água no Porto	104
6.3.1.	Impacto da aplicação de medida para o uso eficiente da água.....	107
7.	Conclusões e desenvolvimentos Futuros	109
7.1.	Considerações Finais	109

7.2.	Dificuldades sentidas	110
7.3.	Síntese de resultados.....	110
7.4.	Conclusões Finais.....	112
7.5.	Trabalhos futuros	113
	Referências Bibliográficas.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Classificação energética e da qualidade do ar de edifícios [12]	6
Figura 2.	Etiqueta energética de equipamentos [6]	7
Figura 3.	Gráfico das emissões de CO ₂ na UE -15 [36]	10
Figura 4.	Repartição das emissões de GEE no sector da energia, na EU-15 [19]	11
Figura 5.	Emissões de CO ₂ em toneladas métricas per capita em Portugal [21]	12
Figura 6.	Gráfico das percentagens de emissões de GEE, por energia [23]	13
Figura 7.	Cenário do Stress Hídrico em 2025 [26]	15
Figura 8.	Símbolo do eco-label na Coreia [27]	16
Figura 9.	Símbolo do Hong Kong Green Label [28]	16
Figura 10.	Símbolo da WaterSense [29]	17
Figura 11.	Símbolo da marca Waterwise [30]	17
Figura 12.	Símbolo do Nordic Swan ecolabel [32]	18
Figura 13.	Etiqueta da marca WELS [33]	19
Figura 14.	Rótulo da eficiência hídrica da Water Conservation [34]	19
Figura 15.	Rótulos de Eficiência Hídrica em Portugal [36]	21
Figura 16.	Rótulos de Eficiência Hídrica para autoclismos de pequeno volume [36]	21
Figura 17.	Gráfico da percentagem de água consumida por sector [2]	24
Figura 18.	Gráfico do consumo e perdas de água [39]	24
Figura 19.	Perdas no abastecimento de água na EPAL [40]	25
Figura 20.	Repartição da água existente no planeta [39]	26
Figura 21.	Gráfico das percentagens de custos de utilização da água por sector [2]	27
Figura 22.	Consumo energético da ADRA no abastecimento de água [41]	29
Figura 23.	Consumo energético da ADRA no tratamento de águas residuais [41]	29
Figura 24.	Resíduos não perigosos produzidos pela EPAL [40]	30
Figura 25.	Água-Energia interdependência e impacto no sistema natural [43]	32
Figura 26.	Ciclo Urbano da Água [44]	33
Figura 27.	Adutora gravítica [45]	36
Figura 28.	Adutora elevatória [45]	36
Figura 29.	Percentagem de energia dispendida no consumo de água numa habitação [49]	46
Figura 30.	Radiação global anual em Portugal [56]	54
Figura 31.	Sistema individual de aquecimento de água – aquecedor eléctrico [59]	56
Figura 32.	Aquecedor instantâneo a gás [59]	56
Figura 33.	Aquecedor de acumulação com gerador e reservatório separados [59]	57
Figura 34.	Distribuição de água quente [59]	57
Figura 35.	Esquema de uma caldeira a gás [59]	58
Figura 36.	Sistema central colectivo de distribuição descendente [59]	59
Figura 37.	Sistema central colectivo de distribuição ascendente [59]	59
Figura 38.	Sistema central colectivo de distribuição misto [59]	60
Figura 39.	Colector solar de concentração [60]	60
Figura 40.	Componentes do colector solar plano	61
Figura 41.	Esquema de um sistema de aquecimento solar de água [8]	62

Figura 42.	Sistema de retorno tradicional de água quente [61]	63
Figura 43.	Sistemas de retorno utilizando a linha de água fria [61]	64
Figura 44.	Sistema de retorno com termosifão [61]	65
Figura 45.	a) Sistema tradicional de retorno e b) sistema de retorno interno [61]	65
Figura 46.	Componente do sistema de retorno: 1 adaptador de topo, 2 saída de distribuição, 3 fornecimento de água quente, 4 retorno de água quente, 5 placa de fundo, 6 tubo de ascensão de água quente, 7 retorno de água quente, 8 válvula termostática [61]	66
Figura 47.	Emissões de CO ₂ associadas à água [63]	68
Figura 48.	Consumo de energia directa e indirectamente pela AdP [65]	72
Figura 49.	Consumos domésticos de referência em Portugal [2]	76
Figura 50.	Sistema de aproveitamento de águas pluviais numa habitação [73]	86
Figura 51.	Precipitações médias anuais em Portugal [75]	87
Figura 52.	Localização das empresas do Grupo Águas de Portugal [65]	93
Figura 53.	Gráfico de dispersão do consumo de energia e emissões de CO ₂ das empresas de abastecimento de água	99
Figura 54.	Gráfico de dispersão do consumo de energia e emissões de CO ₂ das empresas de saneamento de águas residuais	102
Figura 55.	Emissões de CO ₂ associados ao consumo de energia em AQS	106
Figura 56.	Custo da utilização dos tipos de energia em AQS	107
Figura 57.	Emissões de CO ₂ associados ao consumo de energia em AQS	108
Figura 58.	Custo da utilização dos tipos de energia em AQS	108

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Cronograma do lançamento em Portugal da rotulagem de eficiência hídrica, por produto [36]	22
Tabela 2.	Variação da intensidade energética nas etapas do ciclo urbano da água [44]	44
Tabela 3.	Utilização final de energia associada ao consumo urbano de água [44]	45
Tabela 4.	Análise económica e energética do gás butano e propano	49
Tabela 5.	Tarifário de gás natural da Galp Energia	50
Tabela 6.	Tarifas de venda a clientes finais, EDP	51
Tabela 7.	Custo da energia	52
Tabela 8.	Emissão de CO ₂ por tipo de energia	69
Tabela 9.	Empresas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais em Portugal [65]	70
Tabela 10.	Evolução da produção e distribuição de água, e tratamento de águas residuais [65]	71
Tabela 11.	Consumo médio de água por pessoa numa habitação nos EUA [68]	77
Tabela 12.	Condições de atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório [69]	79
Tabela 13.	Condições de atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha [69]	79
Tabela 14.	Condições para a atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos [70]	81
Tabela 15.	Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a chuveiro e sistemas de duche [71]	83
Tabela 16.	Perdas no sistema de abastecimento de água [77]	90
Tabela 17.	Volume de água produzido e distribuído, e consumo de energia das empresas do Grupo AdP	95
Tabela 18.	Volume de águas residuais e consumo de energia das empresas do Grupo AdP	95
Tabela 19.	Emissões de CO ₂ nas empresas de abastecimento de água	96
Tabela 20.	Emissões de CO ₂ nas empresas de saneamento de águas residuais	96
Tabela 21.	Consumo de energia e emissões de CO ₂ por m ³ de água produzida	98
Tabela 22.	Análise estatística das amostras	98
Tabela 23.	Consumo de energia e emissões de CO ₂ por m ³ de águas residuais receptoras	100
Tabela 24.	Análise estatística das amostras	101
Tabela 25.	Consumo de energia e emissões de CO ₂ associado às perdas reais de água	103
Tabela 26.	Custo da energia associada às perdas reais de água	104
Tabela 27.	Volume de água distribuída por tipo de consumo	104
Tabela 28.	Volume de água distribuída e volume de AQS na habitação	105
Tabela 29.	Volume de AQS e consumos energéticos associados	106
Tabela 30.	Volume de AQS e consumos energéticos associados	108

SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

AdA	Águas do Algarve
AdCA	Águas do Centro Alentejano
AdM	Águas do Mondego
AdN	Águas do Noroeste
AdNA	Águas do Norte Alentejano
AdO	Águas do Oeste
AdP	Águas de Portugal
AdZC	Águas do Zêzere e Côa
ADRA	Águas da Região de Aveiro
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
AQS	Águas Quentes Sanitárias
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
EDP	Energias de Portugal
EPA	Environmental Protection Agency
EPAL	Empresa Portuguesa de Águas Livres
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
UE	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
GC	Conselho Green
GEE	Gases Efeito de Estufa
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
HKGLC	Hong Kong Green Label Scheme
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma-força
kWh	Quilowatt-hora
ML	Megalitro

MWh	Megawatt-hora
NOx	Óxido de Nitrogénio
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
SCE	Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SIMARSUL	Sistema Multimunicipal de Saneamento de Águas Residuais da Península de Setúbal
SIMLIS	Sistema Multimunicipal de Saneamento da Bacia do Rio Lis
SIMRIA	Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro
SIMTEJO	Sistema Multimunicipal de Saneamento do Tejo e Trancão
SO ₂	Dióxido de enxofre
t	Tonelada
Tg	Teragrama
UE-15	União Europeia com 15 estados membros
WELS	Water Efficiency Labelling and Standards

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

O crescente desenvolvimento da sociedade tem proporcionado o aumento do consumo energético a nível mundial e a utilização da energia tornou-se crucial para o desenvolvimento sócio-económico das nações. O consumo energético a partir de fontes de energia tradicionais, como o carvão, gás natural e petróleo, tem propiciado o aumento das emissões de CO₂ para a atmosfera, sendo essencial analisar a necessidade de conservação da energia e as práticas de eficiência energética, que podem conduzir a um equilíbrio ambiental e energético global.

De igual modo ao longo dos séculos, a água tornou-se um recurso indispensável ao desenvolvimento económico de diversas actividades. Ocupando cerca de 70%, da superfície da Terra, só 1% é água doce, disponível para consumo. O crescente desenvolvimento da sociedade aumentou a sua procura, utilizando actualmente 50% dos recursos de água doce disponíveis. Estima-se que esta procura incessante vá aumentar a ineficiência do abastecimento às populações. É assim urgente repensar, o uso eficiente da água nas instalações prediais, e a aplicação de medidas de eficiência hídrica, que visem alertar a consciência da população mundial, sobre a importância deste recurso, essencial e finito.

1.2. Enquadramento

Durante grande parte do século XX, as emissões de Gases Efeito de Estufa – GEE para a atmosfera foram ignoradas. O uso de combustíveis fósseis, como principal motor da produção energética a nível global, propiciaram o aumento exponencial da emissão de gases nocivos para o ambiente, entre os quais o CO₂. As constantes alterações climáticas, provocadas pelas emissões de GEE, alertaram para um problema que era visto pela maioria, como inexistente. No início da década de noventa, as preocupações mundiais com o aquecimento global eram evidentes, convergindo em 1997, na elaboração do protocolo de Quioto, que visava essencialmente a redução drástica das emissões de GEE, por todos os países que o assinassem. Constituindo um passo importante na luta contra o aquecimento global, o protocolo de Quioto, foi assinado em 1998 pela União Europeia - UE, obrigando

assim, todos os países membros, a definirem e implementarem medidas que incentivem a utilização eficiente dos recursos energéticos, com o intuito de diminuir as emissões de CO₂ para a atmosfera. O sector residencial, responsável por mais de 1/3 do consumo de energia final na UE, mereceu importante atenção, tendo sido objecto de uma Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios. De forma objectiva, este documento visa a redução do consumo energético através da melhoria da eficiência energética dos edifícios, colaborando assim para a redução das emissões de CO₂.

Sendo a água, um dos recursos naturais consumidos em grande escala pelos edifícios habitacionais, contribui de forma significativa para o aumento do gasto de energia, e consequentemente das emissões de CO₂. A energia gasta nos sistemas de abastecimento de água, nos sistemas de tratamento de efluentes e no aquecimento de água para os mais diversos consumos, contribui para a emissão de elevadas quantidades de CO₂. De forma a combater este ataque ao ambiente, e reduzir o consumo energético, foi necessária a criação de medidas que sensibilizassem a população, para o uso eficiente da água. Em resposta a estas inquietações, Portugal criou o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água e elaborou uma proposta de certificação hídrica de produtos. É então determinante o uso eficiente da água, para se alcançar uma mais elevada eficiência energética e uma redução significativa de emissões de CO₂.

1.3. Objectivos

O presente trabalho tem como principal objectivo, analisar o contributo de medidas de eficiência hídrica, a nível da rede predial, para o aumento da eficiência energética dos edifícios. Pretende-se ainda analisar, quais as consequências da utilização de medidas de eficiência hídrica na rede predial, na diminuição das emissões de CO₂.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Introdução

2.1.1. A água

O reconhecimento da água como um recurso essencial à vida é cada vez mais um imperativo da sociedade. Fundamental ao desenvolvimento sócio-económico de um país desde a agricultura à indústria, com importante influência na qualidade de vida de todas as populações, desde o seu abastecimento, à sua drenagem e tratamento de águas residuais.

A procura incessante por água no nosso planeta é cada vez mais elevada, estimando-se que actualmente, a quantidade de água extraída de rios, lagoas e aquíferos, seja cerca de 4000 km^3 por ano [1]. Em Portugal, a procura de água é estimada, em cerca de $7500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ [2], sendo o sector da agricultura o maior consumidor de água. Apesar da maior fatia desta procura de água ser aproveitada, existe uma parcela importante que não o é, associada a perdas e a ineficiência de uso, relativamente à água que é efectivamente captada, contribuindo para um aumento de custos para a sociedade.

Esta procura de água levou o Homem à realização de inúmeros projectos hidráulicos, dos quais as barragens, transvases entre bacias hidrográficas e captações de águas subterrâneas, são os que mais se destacam. Reconhece-se assim a significativa responsabilidade do Homem, pela alteração do ciclo hidrológico e dos regimes de caudais a uma escala global, sendo que as consequências dessas intervenções são actualmente sentidas. É imperativo, por isso, a implementação de medidas e sistemas de eficiência hídrica [3].

2.1.2. A energia

O crescente desenvolvimento de uma sociedade leva a um aumento exponencial do consumo de energia, mas nem sempre de um modo eficiente [4]. Para satisfazer estas necessidades energéticas, são utilizados combustíveis fósseis que produzem enormes quantidades de gases para a atmosfera, provocando alterações climáticas deveras nocivas para o planeta. Segundo estudos científicos, as temperaturas globais poderão aumentar

entre 1,4°C a 5,8°C, caso não se tomem medidas eficazes para diminuir a emissão de poluentes para a atmosfera. É então imperativo dar início à procura de novas fontes de energia, para alcançar o equilíbrio ambiental e que respeitem as gerações futuras, dando início a uma revolução energética com o objectivo de incentivar o uso de fontes de energia renovável [5].

Em Portugal, o elevado crescimento do contributo das energias renováveis, cerca de 17% do consumo primário, tem-se intensificado nos últimos anos, sendo que a dependência energética do petróleo é ainda deveras elevada, representando cerca de 54% do consumo de energia primária. O sector dos transportes e da indústria apresentam-se como os maiores consumidores de energia final, contribuindo assim para as emissões de CO₂, que em 2006 foram de 5,32 t CO₂ [6].

A procura de novas fontes de energia renováveis e a preocupação com a eficiência energética dos edifícios é fundamental para o futuro das gerações presentes e futuras, pois a poupança de energia representa actualmente a principal fonte de energia renovável.

2.2. Eficiência energética

2.2.1. Considerações iniciais

Os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo energético final na Europa, representando assim uma elevada percentagem deste [7]. No entanto, nas últimas duas décadas, o aumento anual de consumo de energia dos edifícios foi de 7%, atingindo assim um terço do total da energia consumida entre os sectores da indústria, transporte e serviços. As primeiras preocupações energéticas surgiram no final do século XX, com a assinatura do protocolo de Quioto pelos países da União Europeia, obrigando estes a reduzirem o seu consumo energético, no sentido de reduzirem as emissões de gases com efeito de estufa [8].

2.2.2. Certificação energética de edifícios

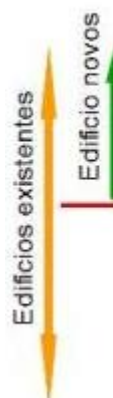
Em 2001, face ao aumento do consumo energético e à diminuta regulamentação relativa aos consumos de energia em edifícios, a Comissão Europeia avançou com uma

proposta aos Estados Membros, de um conjunto de medidas que visam o melhor desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. Foi então publicada, a Directiva nº 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios [7, 9], com o objectivo de diminuir o consumo de energia dos sectores residencial e de serviços e de forma a dinamizar a regulamentação para a certificação energética de edifícios a nível comunitário. Esta directiva, destina-se a proporcionar aos Estados-Membros, orientações para que apliquem e comuniquem programas relativos à eficiência energética dos seus edifícios, com o objectivo de quantificar a redução da dependência externa da União-Europeia e das emissões de GEE, e diminuir as grandes diferenças entre os Estados-Membros no que respeita aos resultados destes parâmetros [10].

O objectivo da directiva é promover o melhor desempenho energético dos edifícios, aplicando requisitos mínimos para o desempenho de edifícios novos e de grandes edifícios sujeitos a obras de renovação, introduzir a certificação energética dos edifícios, exigir a adequada qualificação de técnicos para a inspecção e regulares inspecções de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios [11]. Alcançando estes objectivos, será possível o aumento da eficiência energética nos edifícios e da sua qualidade de conforto.

Esta directiva impõe a emissão de certificados energéticos para se obter a licença de utilização em edifícios novos, quando é realizada uma reabilitação importante de edifícios existentes, quando da locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes e periodicamente para todos os edifícios públicos com mais de 1000 m² [9].

Neste sentido, foi estabelecida uma classificação energética (Figura 1) e da qualidade do ar interior para cada edifício, aplicando a legislação em vigor. A escala definida para a classificação vai da classe A+, correspondente a um edifício com melhor desempenho energético, à classe G, correspondente a um edifício com pior desempenho energético [8].



Classe energética	$R = N_{tc}/N_t$
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

Figura 1. Classificação energética e da qualidade do ar de edifícios [12]

Com o propósito de reforçar os requisitos de desempenho energético e clarificar algumas das suas disposições, a directiva do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, foi reformulada em 18 de Maio de 2010, constituindo a nova directiva 2010/31/CE de 19 de Maio de 2010. Esta directiva introduz uma maior exigência, na aplicação de requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios, nomeadamente em: habitações e fracções autónomas novas e já existentes; elementos construtivos da envolvente do edifício com impacto significativo no desempenho energético da envolvente do edifício quando forem renovados ou substituídos; sistemas técnicos dos edifícios quando for instalado um novo sistema ou quando o sistema existente for substituído. São também introduzidos novos requisitos, no que se refere aos planos nacionais para aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia, à inspecção das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios, e aos sistemas de controlo, independentes dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspecção [13].

2.2.3. Etiquetagem energética de equipamentos

A participação activa do consumidor é deveras relevante para o aumento da eficiência energética. Foi a pensar neste factor que foi estabelecido um quadro legal de etiquetagem energética de equipamentos no espaço europeu, transposta para o direito nacional pelos Decretos-lei nº41/94, de 11 de Fevereiro, nº214/98 de 16 de Julho e nº18/2000, de 28 de Fevereiro. É assim fornecida informação sobre a escolha dos equipamentos que estão nos

postos de venda, relevantes para o consumidor sob o ponto de vista da eficiência energética, atribuindo uma classe de A, a G (Figura 2), em que A representa o melhor desempenho energético e G o pior [14].

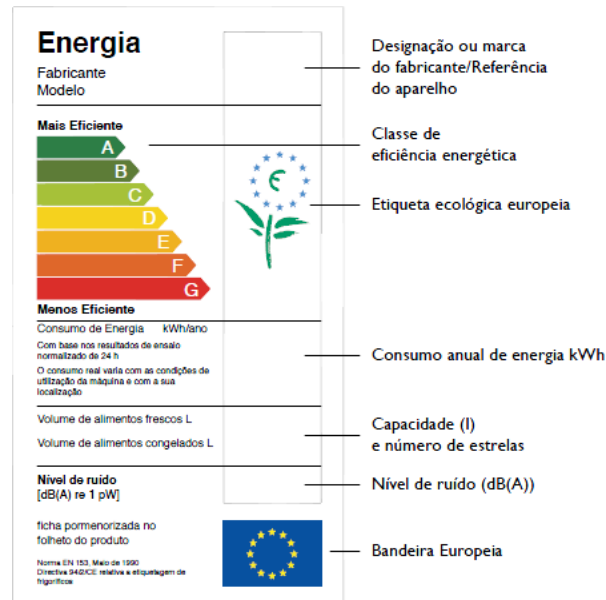


Figura 2. Etiqueta energética de equipamentos [6]

2.2.4. Evolução da Regulamentação em Portugal

Em Portugal, onde os edifícios são responsáveis por aproximadamente 30% do consumo energético, só em 1990 foi publicado o primeiro documento legislativo relativo a requisitos térmicos em edifícios, através do Decreto-Lei n.º40/90, de 6 de Fevereiro que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE [15]. Em 1998, com o propósito de garantir a qualidade e segurança, em termos de concepção, instalação e manutenção de novos sistemas de climatização foi, aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios – RSECE [16], pelo Decreto-Lei n.º119/98, de 7 de Maio [10, 17].

Com a adesão ao Protocolo de Quioto, Portugal assumiu o compromisso de intensificar a redução das emissões de CO₂ no período de 2008-2012, sendo que em 2010, 39% do seu consumo de electricidade final teria como fonte, as energias renováveis. Visando então este objectivo e o aumento da eficiência energética, em 2006, Portugal foi dos primeiros países a transpor para ordem jurídica nacional a Directiva 2002/91/CE [9]. Fazendo face às preocupações ambientais e à pressão política, por parte da União Europeia, no

sentido de reduzir os consumos de energia nos edifícios, desde Julho de 2008 que a certificação energética de edifícios novos se encontra em vigor e a partir de Janeiro de 2009 para todos os edifícios existentes, contribuindo assim para o cumprimento do Protocolo de Quioto e para melhor proteger e informar a população [10, 11].

A implementação desta Directiva foi feita através da revisão dos regulamentos já existentes, RCCTE e RSECE, e da criação de um novo Decreto-Lei, denominado, Decreto-Lei n.º78/2006, relativo ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – SCE [18]. Com a execução desta directiva, Portugal estimou que o aumento da eficiência energética dos edifícios seria deveras drástica, proporcionando assim a diminuição da dependência de energia externa e das emissões de CO₂ [10, 17].

Efectua-se de seguida, uma caracterização sucinta de cada um dos diplomas que constituem o quadro legislativo do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar de Edifícios (SCE):

1. O Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de Abril, que aprova o SCE, tem como directivas:

- Assegurar a implementação regulamentar, no que diz respeito às condições de eficiência energética, à utilização de energias renováveis e às condições de garantia de qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE[9];
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios [9];
- Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

2. O Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril, que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios – RSECE, tem como directivas:

- As condições a observarem no projecto de novos sistemas de climatização, nomeadamente os requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior, que devem ser

asseguradas em condições de eficiência energética através da selecção adequada de equipamentos e da sua organização em sistemas;

- Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e para todo o edifício, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente regulamento, bem como os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar em novos edifícios;
- Os termos de concepção, de instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal, incluindo os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os principais intervenientes e a observância dos princípios da utilização de materiais e tecnologias adequadas em todos os sistemas energéticos do edifício, na óptica da sustentabilidade ambiental;
- As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior.

3. O Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril, que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE, tem como directivas:

- As exigências de conforto térmico e de ventilação para garantia da qualidade do ar interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem o dispêndio excessivo de água;
- Sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pelas ocorrências de condensações superficiais ou internas, com potencial impacte negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

2.2.5. Consumo energético e emissões de CO₂

A produção de energia e o seu consumo são responsáveis pela maioria das emissões de CO₂ para a atmosfera. A energia obtida a partir de combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão e o gás natural, envolve um processo de combustão, que produz emissões de GEE. Esta combustão dá lugar à formação de CO₂, o principal causador do agravamento do efeito de estufa, responsável por 78% das emissões, e a outros gases, como o monóxido de carbono – CO, dióxido de enxofre – SO₂ e Óxido de Nitrogénio - NO_x. O consumo de energia para o aquecimento da água, contribui também para importantes emissões de CO₂ [4, 10]. Como alternativa aos combustíveis fósseis, a utilização de fontes de energia renováveis, como a energia solar, eólica, hídrica, fotovoltaica e geotérmica, podem proporcionar uma significativa redução das emissões de CO₂ para a atmosfera [4, 10].

Em 2006, na União Europeia com 15 estados membros – UE-15, as emissões de CO₂ alcançaram um total de 4154 teragramas (Tg), contribuindo o sector energético para 80% deste valor, sendo por isso o maior responsável pela emissão de GEE (Figura 3) [19, 20].

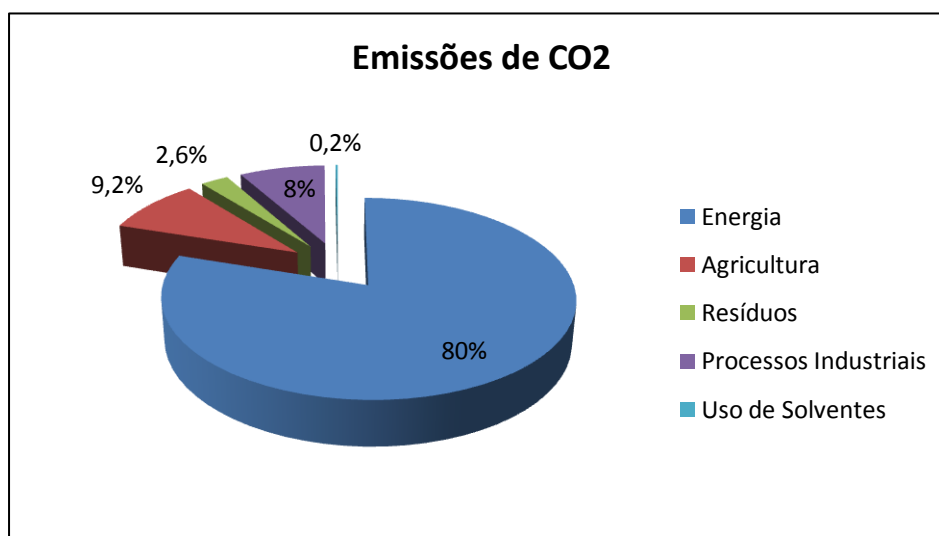


Figura 3. Gráfico das emissões de CO₂ na UE -15 [36]

No sector energético, quanto à repartição das emissões de GEE (Figura 4), apresenta-se o ramo da produção de electricidade e calor como o maior emissor de GEE, representando cerca de 30% do total, seguido dos transportes rodoviários com 16%, e da indústria de transformação e construção com 12% [19, 20].

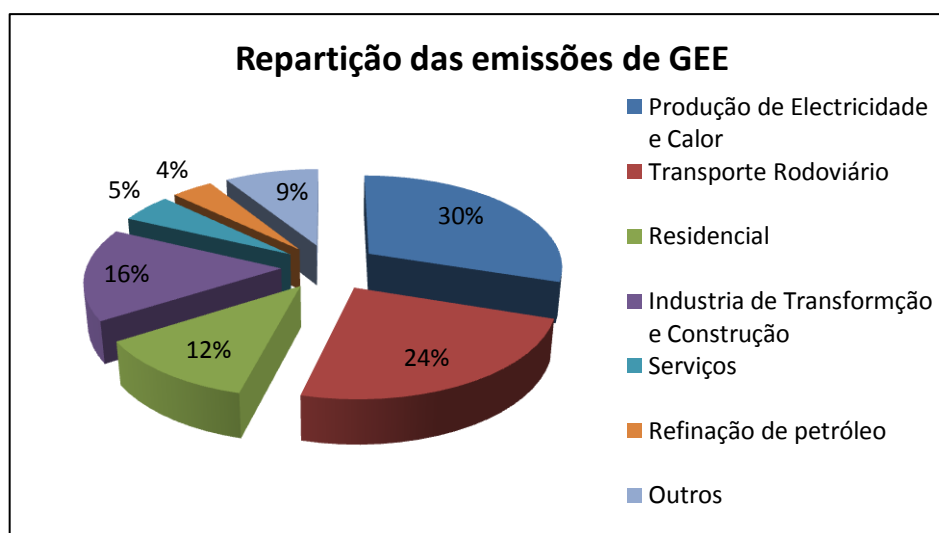


Figura 4. Repartição das emissões de GEE no sector da energia, na EU-15 [19]

Em Portugal, dividindo o consumo final de energia por sectores, entre 1994 e 2008, verificou-se que o sector que apresentava maior consumo era o dos transportes com 38% do consumo final, sendo a indústria o segundo sector com maior percentagem, cerca de 32%, seguido do sector doméstico com cerca de 18% e dos serviços com cerca de 12 % [6]. Estando as emissões de GEE, inteiramente ligadas à intensidade de consumo energético, o sector dos transportes rodoviários apresenta-se como o maior responsável por estas emissões. O sector dos edifícios, representa cerca de 30% do consumo da energia final, representando também uma parcela significativa nas emissões de GEE, como é o caso do CO₂ [6, 10].

Ao nível das habitações, a energia consumida no aquecimento do ambiente, no aquecimento da água, na iluminação e no funcionamento dos equipamentos eléctricos, podem ser diminuídas, implementando medidas de eficiência energética, de eficiência hídrica e de utilização de energias renováveis. A utilização de electrodomésticos mais eficientes (classe A), a utilização da energia solar, da energia eólica e da energia geotérmica, a utilização de equipamentos eficientes do ponto de vista hídrico, podem contribuir de forma fundamental, para a diminuição da emissão de CO₂ numa habitação [6].

Estas emissões em Portugal têm vindo a registar uma diminuição gradual, atingindo um valor de 5,47 toneladas métricas per capita em 2007 (Figura 5), segundo dados do Banco Mundial [21].

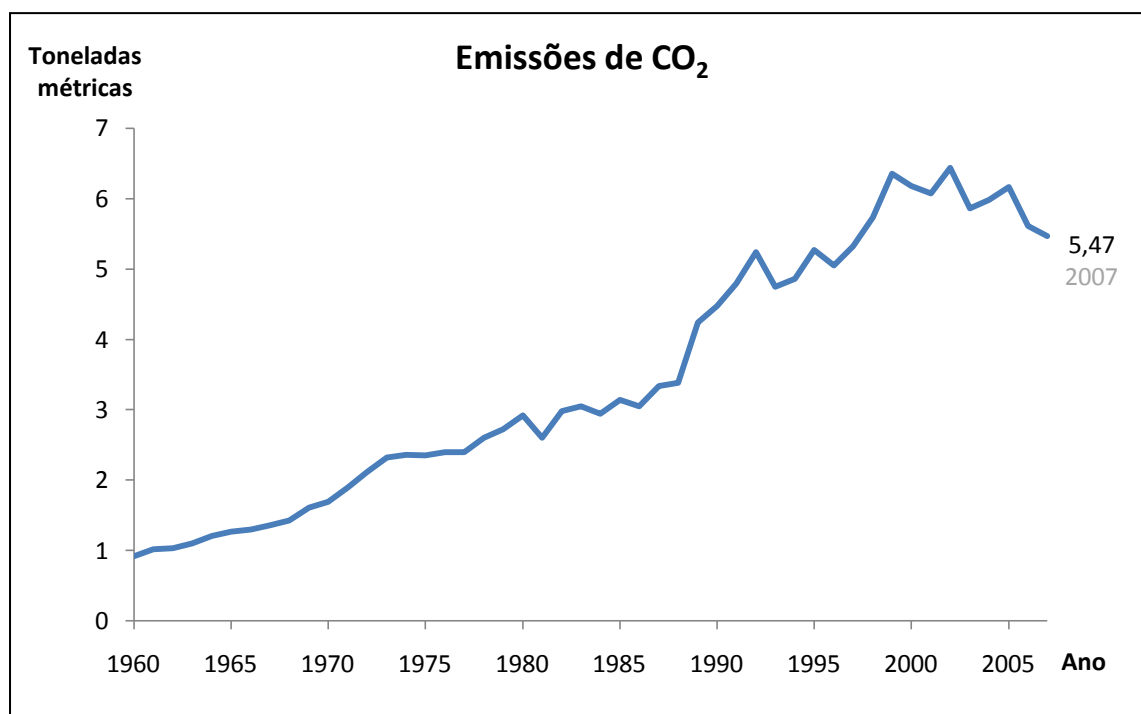


Figura 5. Emissões de CO₂ em toneladas métricas per capita em Portugal [21]

Portugal, sendo um país limitado em recursos energéticos como o carvão, o petróleo e o gás, tem uma forte dependência energética do exterior, atingindo o valor de 83% em 2008. A aposta nas energias renováveis, nomeadamente na energia eólica, na energia hídrica e na energia solar, e a promoção da eficiência energética tem sido umas das apostas do país, para a diminuição desta dependência energética. Desta forma promove-se também, o desenvolvimento sustentável do país, criando condições para a redução de emissões de CO₂, até 2020, cumprindo assim as reduções assumidas por Portugal no quadro europeu [22].

O controlo e monitorização dos níveis de emissões de GEE, nas áreas de produção e distribuição de energia, são executados pela maior operadora do sector energético em Portugal, a Energias de Portugal – EDP [23].

O impacto ambiental da emissão de GEE para a atmosfera em Portugal, é cerca de 369,23 g/kWh de CO₂, 1,6 g/kWh de SO₂, 1,06 g/kWh de NO_x e 182,18 µg/kWh de resíduos radioactivos, sendo o gás natural um dos fundamentais responsáveis por essas emissões (Figura 6), seguido do carvão [23].

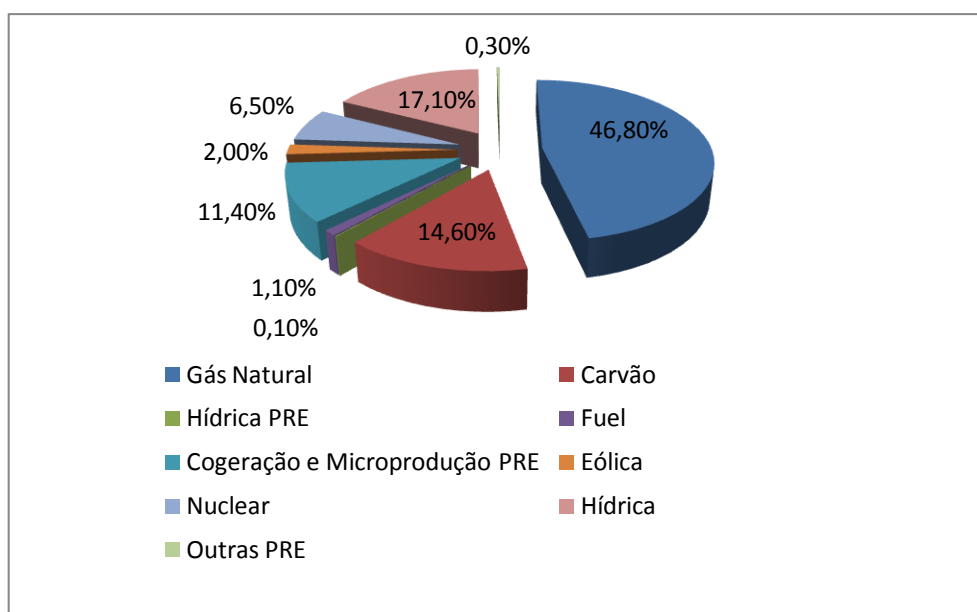


Figura 6. Gráfico das percentagens de emissões de GEE, por energia [23]

O Reino Unido é um dos muitos países da UE apreensivo com as emissões de CO_2 . A grande percentagem de energia consumida nos edifícios para aquecimento da água, para aquecimento do ambiente, iluminação e electrodomésticos, estimula a procura activa de políticas nacionais, para a redução substancial das emissões de CO_2 . A lei de Mudança Climática de 2008 estabelece como objectivo a redução em 80% das emissões de CO_2 , até 2050. Isto representa uma redução das emissões residenciais na ordem de 11,5 - 13,8% até 2020. Com o desígnio de alcançar estes objectivos, o governo inglês adoptou estratégias nacionais, regionais e locais, envolvendo uma combinação de medidas, técnicas e intervenções sociais, para influenciar atitudes e comportamentos na utilização da energia. Mas apesar destes esforços, e da melhoria das técnicas de edificação no Reino Unido, os níveis de CO_2 continuam a subir. Uma das justificações apontada para este facto é a deficiente instalação do isolamento térmico nas habitações, que propiciam comportamentos não eficientes energeticamente, como o aquecimento extensivo da habitação, a uma temperatura mais elevada. Este aumento das emissões de CO_2 pode também ser atribuído ao crescimento económico, que leva ao acréscimo do número e da dimensão das habitações [24].

Portanto, para que exista o progresso da estratégia política de implementação da eficiência energética nos edifícios, é vital investigar e compreender os hábitos das populações quando utilizam a energia em casa, as consequências do custo da energia e a eficácia das normas de construção [24].

2.3. Eficiência Hídrica

2.3.1. Considerações iniciais

Cada vez mais é tardio o reconhecimento da água como um valor ecológico e social, essencial à maioria das actividades económicas e indispensável na qualidade de vida das populações. O crescente aumento dos padrões e níveis de vida das populações, conduziu a uma elevada procura de recursos hídricos, transformando hoje em dia a água num bem escasso e de grande interesse económico. Este substancial desenvolvimento da sociedade, nomeadamente no século XX, acarreta também, graves preocupações ambientais, devido à sua elevada produção de resíduos, sendo na sua maioria remetidos para o ambiente, sobretudo através de águas superficiais e subterrâneas, contaminando assim diversos recursos hídricos [1].

Estima-se que nos últimos 60 anos o consumo de água no nosso planeta triplicou, sendo que aproximadamente 70% é para produção de alimentos, 22% para uso industrial e 8% para uso doméstico [1].

Em Portugal, a necessidade de repensar o uso eficiente da água já é reconhecida, sendo a criação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água - PNUEA [25], uma medida fundamental, onde se destacam as propostas de rotulagem de dispositivos de utilização prediais (autoclismos, chuveiros, torneiras, entre outros), com o propósito de informar o consumidor sobre a sua eficiência hídrica [2]. Ambiciona-se com este programa, a mudança de pensamento e cultura em relação à água em Portugal, promovendo o uso eficiente nos sectores económicos, minimizando os riscos de stress hídrico, valorizando-a como um recurso essencial ao desenvolvimento sócio-económico e sustentável [1].

Em resposta às numerosas preocupações com as questões da escassez da água a nível global, em 1996 foi criada uma plataforma internacional, denominada World Water Council. Esta iniciativa partiu de organizações internacionais e especialistas em água. De acordo com estudos realizados por esta plataforma, mais de uma em cada seis pessoas, não tem acesso a água potável, ou seja 1,1 bilhão de pessoas, e mais de duas em seis pessoas, cerca de 2,6 bilhões de pessoas, não têm saneamento adequado. Com a escassez da água, as tensões entre os utilizadores podem aumentar, a nível nacional e internacional, conduzindo a uma procura incessante por este recurso. A Jordânia, o Danúbio, o Paraná La Plata e o Mar de

Aral, são exemplos da má gestão da água. No Mar de Aral, metade da sua superfície desapareceu, representando dois terços do seu volume. No mediterrâneo países como Portugal, França e Espanha, estarão em risco de stress hídrico igual ou superior a 40% (Figura 7), em parte do seu território [26].

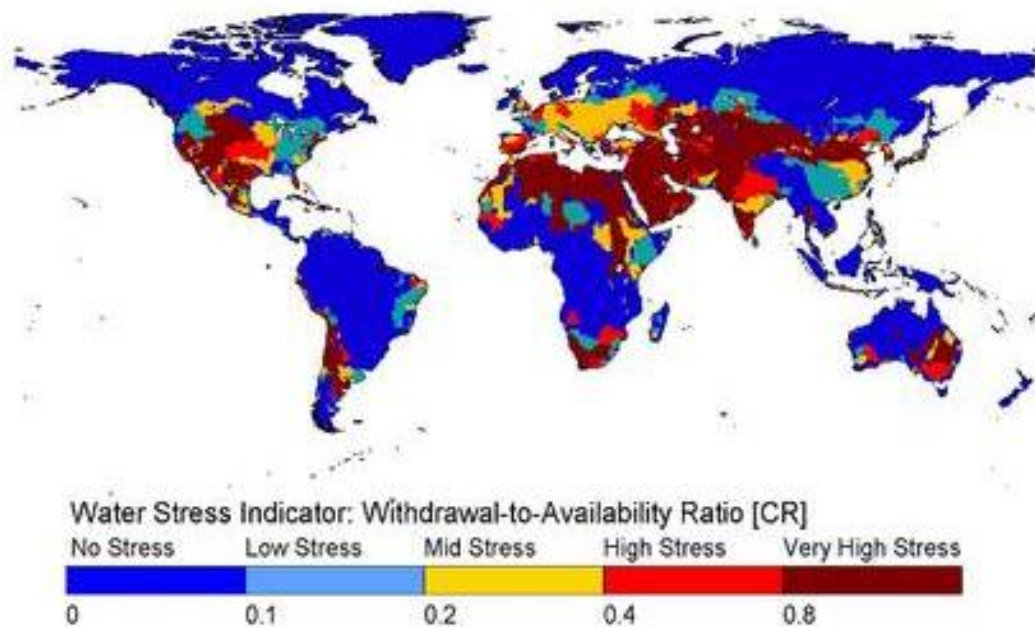


Figura 7. Cenário do Stress Hídrico em 2025 [26]

2.3.2. Modelos existentes de avaliação da eficiência hídrica

Na Ásia, países como o Japão, a China, a Coreia, a Tailândia, e Malásia já possuem os seus próprios sistemas de rotulagem ecológica.

Na Coreia em 1992, foi criado o Korea Eco-Label (Figura 8), com o objectivo de realizar diversas operações relacionadas com a melhoria de eco-produtos, construindo um sistema de avaliação que permite, oferecer produtos ecológicos e informações sobre orientações ambientais ao público. Na categoria de eficiência hídrica estão incluídos, chuveiros, máquinas de lavar, bacias de retrete e torneiras [27]



Figura 8. Símbolo do eco-label na Coreia [27]

Em Hong Kong, foi iniciado no ano de 2000, pelo Conselho Green (GC), um sistema de rotulagem ecológica, denominado Hong Kong Green Label Scheme (HKGLC), com o propósito de criar um sistema de certificação de produtos ambientalmente preferíveis (Figura 9). O HKGLC está disponível em 11 categorias. Na categoria do uso eficiente da água estão abrangidas, as máquinas de lavar e equipamentos de aquecimento de água [28].



Figura 9. Símbolo do Hong Kong Green Label [28]

Nos EUA, devido à crescente preocupação com a gestão da água, a United States Environmental Protection Agency (EPA), fundou em 2006 o programa WaterSense. Com a finalidade de tornar mais fácil a selecção de produtos de eficiência hídrica, realizando testes de certificação, garantindo assim a confiança dos consumidores nos produtos que ostentam o rotulo WaterSense (Figura 10). Só em 2009, foram economizados 137 bilhões de litros de água e 194 milhões de euros, o que permitiu uma redução de 4,9 bilhões de kWh de electricidade e 1,75 milhões de toneladas de CO₂, através do uso de produtos rotulados WaterSense. Este rótulo não se destina apenas à rotulagem de equipamentos como, torneiras, chuveiros e mictórios, mas também à rotulagem de sistemas de rega e casas

novas. A WaterSense prevê ajudar as famílias a poupar cerca de 10000 litros de água em cada ano [29].



Figura 10. Símbolo da WaterSense [29]

Com o propósito de diminuir o consumo de água, de forma a fomentar uma base para uma eficiência da água em grande escala no Reino Unido, foi criado em Setembro de 2005 a Waterwise. Trata-se de uma organização não governamental, sem fins lucrativos, que é financiada por trabalhos de consultoria, pela indústria de água do Reino Unido e por patrocínios. Em 2006, fundaram a marca WaterWise (Figura 11), que é atribuída a produtos com um uso eficiente da água. Segundo a Waterwise, cada pessoa no Reino Unido consome 150 litros de água por dia, valor que tem vindo a aumentar 1% por ano desde 1930 [30]

A energia utilizada para aquecer e tratar a água, produz emissões de CO₂ para a atmosfera. Uma das preocupações da Waterwise, é a redução destas emissões, através da diminuição do desperdício de água quente [30].

A marca Waterwise está presente em produtos que reduzam o desperdício da água, tais como, chuveiros, torneiras, bacias de retrete e máquinas de lavar [30].



Figura 11. Símbolo da marca Waterwise [30]

Na década de 80, com o objectivo de fazer face à crescente preocupação pelas questões ambientais, os países nórdicos, decidiram criar o rótulo ecológico Nordic Swan eco-label. Com a principal função de indicar os produtos que são bons, do ponto de vista ambiental, para os consumidores, o rótulo ecológico quer também incentivar fabricantes, para a produção de produtos ecologicamente mais viáveis. Adoptado pela Finlândia, Noruega, Dinamarca, Islândia e Suécia, o Nordic Swan eco-label (Figura 12) é actualmente um dos rótulos verdes com mais sucesso no mundo. Presente em 60 categorias, o rótulo ecológico está também incluído na categoria do uso eficiente da água, nomeadamente em máquinas de lavar, autoclismos e sistemas de lavagem [31, 32].

Uma das preocupações do Nordic Swan eco-label, é também a diminuição da emissão de CO₂ e gases nocivos para a atmosfera. Com esse objectivo, são rotulados os produtos que cumpram os requisitos máximos, como produto ecológico [32].



Figura 12. Símbolo do Nordic Swan ecolabel [32]

O aumento da escassez de água e o abastecimento de água às populações, são uma das maiores preocupações na Austrália. Com o objectivo de aumentar o uso eficiente da água, foi criada em 2005, a Water Efficiency Labelling and Standards – WELS. Esta organização governamental tem como objectivo a rotulagem de equipamentos, fornecendo informações sobre a sua eficiência hídrica aos consumidores. O rótulo é constituído por, uma classificação por estrelas, de zero a seis, sendo o maior número de estrelas correspondente a uma maior eficiência hídrica, e por uma figura, que indica o fluxo do consumo de água do equipamento, com base em ensaios de laboratório (Figura 13). Pode ser encontrado em chuveiros, máquinas de lavar, torneiras, descargas de bacias de retrete e urinóis. O rótulo WELS é implementado nos equipamentos, obedecendo ao quadro legislativo do cumprimento das medidas de execução da rotulagem de eficiência hídrica, criada pelo

governo Australiano em 2005. A partir de 1 de Julho de 2006, o regime de rotulagem WELS tornou-se obrigatório [33].



Figura 13. Etiqueta da marca WELS [33]

Apesar de Dublin, ser uma cidade rodeada, por rios, canais e lagos, devido ao seu consumo de 110 milhões de litros de água por dia, tem-se tornado insuficiente o abastecimento de água nesta região. Com a finalidade de aumentar a eficiência hídrica em Dublin, foi desenvolvido o projecto, Dublin Region Water Conservation Project. No âmbito deste projecto, foi desenvolvida o Water Conservation label (Figura14), com o propósito da rotulagem de equipamentos, relativamente às suas características de eficiência hídrica [34, 35]

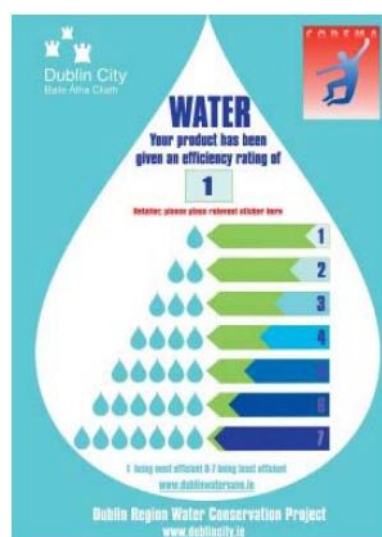


Figura 14. Rótulo da eficiência hídrica da Water Conservation [34]

2.3.3. Modelo de avaliação da eficiência hídrica em Portugal

Em Portugal, o reconhecimento da água como um bem essencial, e a necessidade de um uso eficiente da água, reflectiram-se na criação de um sistema de certificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos. Esta iniciativa partiu, da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais – ANQIP, com o intuito de promover a implementação de um sistema de certificação da Eficiência Hídrica de Produtos, voluntário e sem fins lucrativos [36, 37].

A ANQIP é uma associação não governamental, sem fins lucrativos, criada em 2007, e que tem como principais objectivos, a promoção e garantia da qualidade e eficiência nas instalações prediais, nomeadamente instalações de abastecimento de água e de esgotos [38].

Com o intuito de alcançar estes objectivos, a ANQIP promove acções de formação para técnicos, instaladores e outros intervenientes, desenvolve ou apoia a realização de estudos técnicos e/ou científicos, edita publicações, promove seminários, colóquios e outros eventos de carácter técnico e/ou científico, divulga estudos, normas e regulamentos, cria sistemas voluntários de certificação de qualidade e de eficiência hídrica para uso dos seus associados e de outras entidades interessadas, realiza, por solicitação externa, auditorias a instalações existentes ou em construção e dá pareceres sobre projectos, quando solicitada para tal [38].

A ANQIP em 2008, em conformidade com as propostas do PNUEA, lançou em Portugal, o primeiro sistema de certificação da Eficiência Hídrica de Produtos. Numa primeira fase, este modelo de certificação foi apenas, implementado em autoclismos de bacias de retrete, devido a estes apresentarem a maior percentagem de consumo nas redes prediais [36, 37].

O sistema de rotulagem da eficiência hídrica de produtos, elaborado pela ANQIP, consiste num rótulo, que estabelece uma classificação variável com a eficiência hídrica do produto. A classificação pode variar, da letra A, correspondente a uma melhor eficiência hídrica, à letra E, correspondente a uma pior eficiência hídrica.

Para classificar os autoclismos de pequeno volume, foram também desenvolvidas as categorias de eficiência hídrica A+ e A++. Pelo facto da Norma Europeia EN 12056-2 não permitir o uso de autoclismos de reduzido volume em redes prediais, deve ser verificado se

o volume de descarga é compatível com as características da bacia de retrete, assegurando assim o cumprimento das Normas Europeias relativas ao desempenho destes dispositivos (autoclismos). A rotulagem destes equipamentos contém uma indicação obrigatória, relativa ao desempenho do conjunto e às condições de drenagem [36, 37].

Nas Figuras 15 e 16, estão representados os rótulos de certificação hídrica adoptados pela ANQIP.

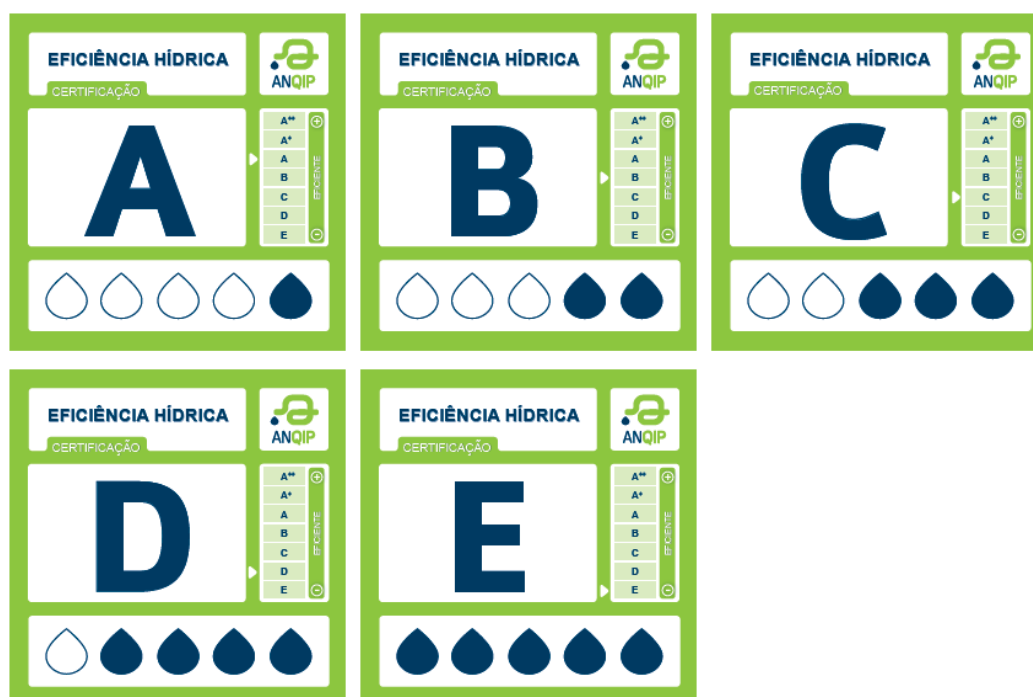


Figura 15. Rótulos de Eficiência Hídrica em Portugal [36]

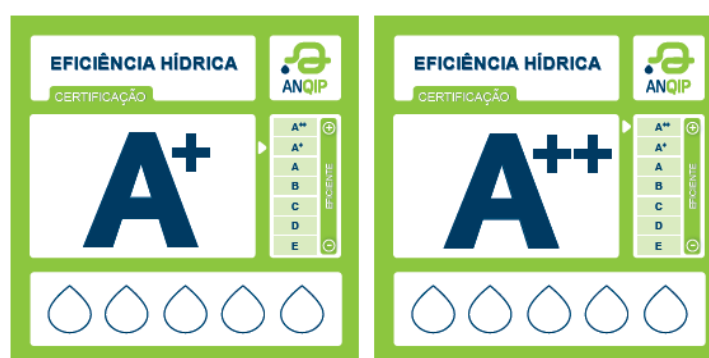


Figura 16. Rótulos de Eficiência Hídrica para autoclismos de pequeno volume [36]

O lançamento da rotulagem de eficiência hídrica de produtos, em Portugal, tem em conta os produtos com maior peso no consumo global de um edifício, dando prioridade aos produtos que apresentam maiores consumos. Na Tabela 1, indica-se o cronograma de lançamento da rotulagem de eficiência hídrica, em Portugal

Tabela 1. Cronograma do lançamento em Portugal da rotulagem de eficiência hídrica, por produto [36]

	Ano		2008				2009			
	Trimestre									
			1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
Produto										
Autoclismos										
Duches										
Torneiras/Fluxómetros										
Máquinas de lavar										
Outros										

3. A IMPORTÂNCIA DO USO EFICIENTE DA ÁGUA

3.1. Uso da água: Indicador de eficiência

Com o objectivo de determinar a eficiência de utilização da água, o PNUEA [2] elaborou uma equação (1). Esta fórmula avalia a eficiência de utilização da água captada da natureza, nos diversos sectores (indústria, agricultura e abastecimento urbano).

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Procura efectiva} \times 100} \quad (1)$$

Para um determinado sector garantir a eficácia de utilização é necessário um consumo mínimo. Este corresponde ao consumo útil e tem em consideração um referencial específico que pode ser estimado para um cenário actual ou futuro, com base nos diversos sectores. O volume efectivamente utilizado pelo sector em questão corresponde à procura efectiva, sendo esta igual ou superior ao consumo útil. Este pode ser estimado com algum rigor para um cenário actual recorrendo a registos existentes e para situações futuras dependendo do tipo de sector.

A situação mais favorável, mas irrealista para o consumo da água é obter uma eficiência de utilização de quase 100%, em que a procura efectiva é próxima do consumo útil.

3.2. Eficiência actual do uso da água

A água é um recurso indispensável à qualidade de vida das populações e ao desenvolvimento de diversos sectores económicos nomeadamente da agricultura e indústria.

Em Portugal, em termos de procura de água por sector, verifica-se que a agricultura se apresenta como maior utilizador, com um volume total de $6550 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, representando 87% do consumo total. Como segundo maior utilizador, o abastecimento urbano às populações consome cerca de $570 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, que representa 8% do

consumo total. O sector com menor consumo de água é a indústria com cerca de $385 \times 10^6 m^3/ano$, correspondente a 5% do consumo total (Figura 17) [2].

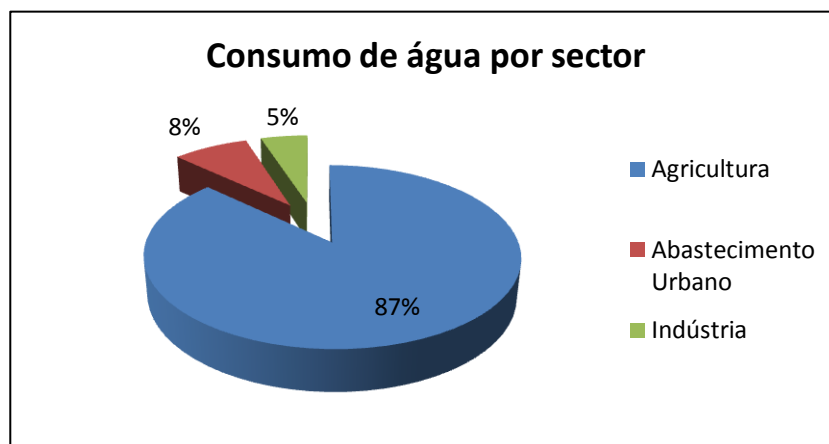


Figura 17. Gráfico da percentagem de água consumida por sector [2]

Como anteriormente referido, nem toda a água captada é efectivamente aproveitada, existindo uma importante parcela associada a perdas e ineficiência de uso. Estima-se que as perdas possam representar aproximadamente 40% da água captada, como se indica na Figura 18 [39].

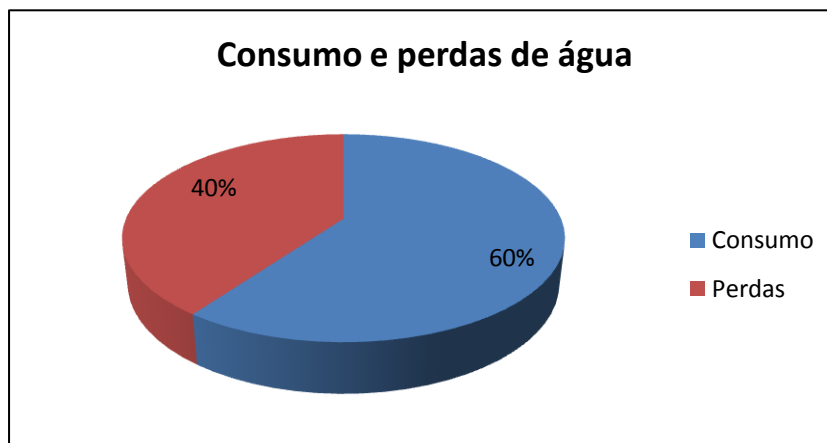


Figura 18. Gráfico do consumo e perdas de água [39]

O elevado volume de perdas acarreta assim um elevado custo para a sociedade, sem nenhum benefício. A diminuição das perdas pode então significar uma diminuição no custo e também uma redução dos consumos de água, proporcionando assim uma maior eficiência no uso da água.

Sendo que o sector da agricultura representa a maior fatia de consumo de água a nível nacional, as suas oportunidades de poupança são mais elevadas do que em qualquer

outro sector. Esta diminuição pode representar cerca de 88% do total das perdas, podendo este valor situar-se nos 8% no sector do abastecimento urbano e nos 4% no sector industrial.

Como exemplo do volume de perdas existentes, a Empresa Portuguesa de Águas Livres responsável pelo sistema de abastecimento de água de 32 concelhos da margem norte do rio Tejo, cerca de 3 milhões de pessoas, estimou que no ano de 2007 as perdas de água se situavam em aproximadamente 33 milhões de m³, representando 13,7% da água captada. Em contrapartida, nos anos seguintes este valor foi reduzido, sendo em 2009 cerca de 26 milhões de m³ (Figura 19). Esta diminuição das perdas reflecte a acção desenvolvida pela empresa desde 2002, para renovar extensivamente a rede de distribuição [40].

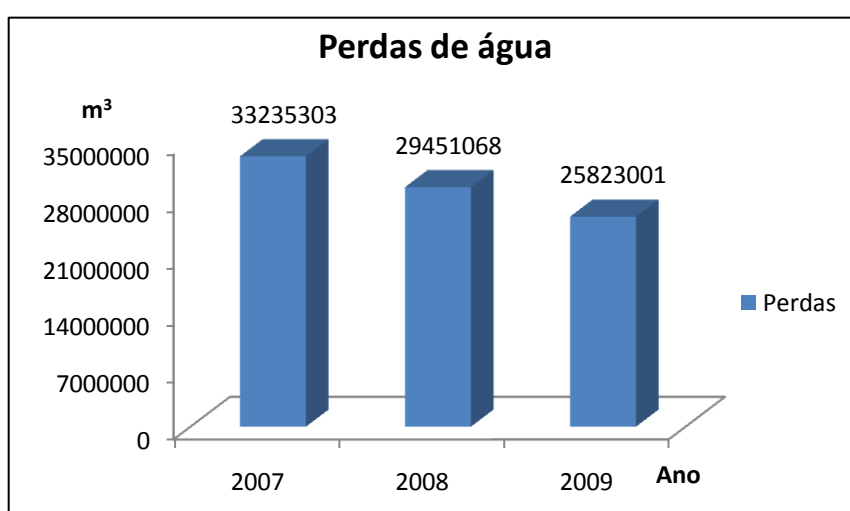


Figura 19. Perdas no abastecimento de água na EPAL [40]

3.3. Necessidade do aumento da eficiência do uso da água

A consciencialização da população para o uso eficiente da água é cada vez mais premente dado que a progressiva escassez da água contribuirá no futuro para uma racionalização deste recurso. Sendo a água um recurso estratégico de desenvolvimento de um País deve ser garantido o seu uso eficiente, proporcionando não só a sua preservação mas também uma poupança energética, financeira e ambiental.

3.3.1. Imperativo da água

A superfície da Terra é constituída por dois terços de água, sendo 97% água salgada e os 3% restantes água doce (Figura 20). Destes 2,1% estão armazenados nas calotes polares e

só 0,9% estão no subsolo, rios, lagos e são susceptíveis de exploração. Sendo que o homem só pode consumir água doce, apenas uma ínfima parte da água de todo o planeta está acessível para consumo [39].

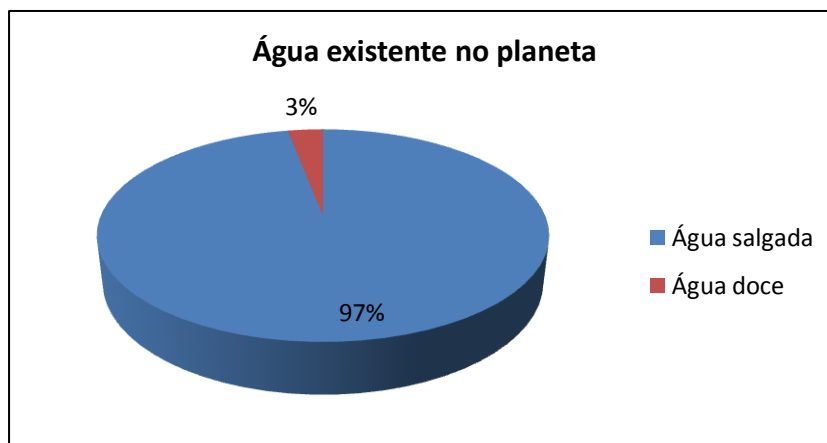


Figura 20. Repartição da água existente no planeta [39]

A necessidade de alertar a sociedade de que os recursos hídricos não são ilimitados, sensibilizando para um uso eficiente da água pode traduzir-se numa evidente redução dos caudais captados.

Em Portugal, apesar de não existirem profundos problemas de escassez de água em situação hídrica normal, podem ocorrer situações pontuais de seca, sazonais ou localizadas. Este tipo de fenómenos pode ocorrer como resultado de períodos de maior escassez hídrica ou devido à redução das disponibilidades de água com a qualidade necessária, na sequência de casos de poluição. O aumento do uso eficiente da água proporcionará uma diminuição dos caudais captados, contribuindo assim para a preservação das reservas estratégicas de recursos.

3.3.2. Imperativo económico

A nível económico, o uso eficiente da água pode representar para um País uma redução nos custos que advêm do processo de distribuição, captação e tratamento da água.

Na contabilização dos custos inerentes à utilização de água para os diversos sectores, verifica-se que o sector de abastecimento urbano apresenta o maior custo, cerca de $875 \times 10^6 \text{€}/\text{ano}$ correspondendo a 46% do custo total, seguindo-se a agricultura com

$524 \times 10^6 \text{ €/ano}$, representando 28% do total e a indústria com $484 \times 10^6 \text{ €/ano}$, 26% do total (Figura 21) [2].

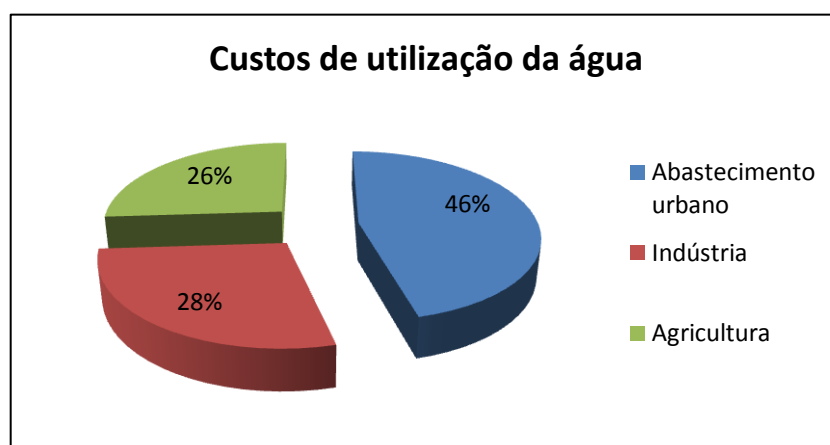


Figura 21. Gráfico das percentagens de custos de utilização da água por sector [2]

Os custos adoptados no uso urbano são de 1 €/m^3 no abastecimento de água e no tratamento de águas residuais resultantes. No uso agrícola os custos adoptados são de $0,08 \text{ €/m}^3$ e na indústria 1 €/m^3 para o abastecimento de água a partir da rede pública, de $0,125 \text{ €/m}^3$ no abastecimento de água a partir de captação própria e de $1,25 \text{ €/m}^3$ na drenagem e tratamento das águas residuais resultantes [2].

O uso eficiente da água nos diversos sectores pode potenciar poupanças a nível económico de veras relevantes. O sector que apresenta maior potencial é o do abastecimento urbano com $369 \times 10^6 \text{ €/ano}$, cerca de 51% do total das perdas, seguindo-se a agricultura com $219 \times 10^6 \text{ €/ano}$, 30% do total das perdas e a indústria com $140 \times 10^6 \text{ €/ano}$, ou seja 19% do total. Em Portugal estas poupanças podem significar uma redução equivalente a 0,64% do Produto Interno Bruto Nacional [2].

Tendo a água um desempenho fulcral na produção de numerosas actividades económicas, se se implementarem medidas que visem o uso eficiente de água, vão minimizar-se os encargos relacionados com a água, o que contribuirá para o aumento da competitividade do sector empresarial nacional e internacional.

Também para as entidades gestoras existe um interesse económico, pois significa uma melhor gestão de investimentos em infra-estruturas, aproveitando assim as já existentes e minimizando em alguns casos a ampliação ou construção de sistemas de transporte e tratamento de águas residuais. Apesar do aumento da eficiência da água

pode resultar numa diminuição das vendas da água, para as entidades gestoras, e consequentemente numa perda parcial nos lucros, esta pode ser recuperada através da redução das perdas nos sistemas públicos, como já referido, que representam valores preocupantes.

Ao nível dos cidadãos, o eficiente uso da água vai permitir uma diminuição nos encargos com a utilização da água sem degradar a qualidade de vida do agregado familiar.

3.3.3. Imperativo energético

O crescimento populacional elevado do último século e a forte dependência do Homem da água, levou a que se procura se formas e técnicas de localizar e captar água, com o objectivo de satisfazer esta necessidade primordial. Foram então desenvolvidas novas técnicas e construídos novos utensílios que permitissem um melhor aproveitamento das inúmeras fontes hídricas. Para a utilização destas novas técnicas, a necessidade do uso da energia como fonte de ignição, é fundamental. Após a captação da água são necessários mecanismos que permitam que a água alcance toda a população mundial em condições de consumo. Para o seu transporte o Homem elaborou diversas construções, tais como canais, aquedutos, túneis e condutas. Com o intuito de garantir a qualidade da água destinada ao consumo humano, foram criadas instalações de tratamento da água de forma a assegurar que todos os parâmetros indesejáveis, que indiciem toxicidade, respeitem os limites estabelecidos por lei. Portanto, para que este processamento da água ocorra com sucesso, a aplicação da energia assume um papel fulcral, ou seja quanto maiores forem as nossas necessidades hídricas, maior será o consumo de energia para satisfazê-las. O uso eficiente da água pode assim reduzir não só os consumos de água como também a energia dispendida com a sua captação, transporte e tratamento. Portanto, quando se trata de poupança energética, fechar uma torneira é como desligar as luzes.

Segundo dados fornecidos pela Águas da Região de Aveiro - ADRA, a energia dispendida no transporte, captação e tratamento da água sofreu um aumento do ano de 2007 para 2008, como se pode observar na Figura 22 [41].

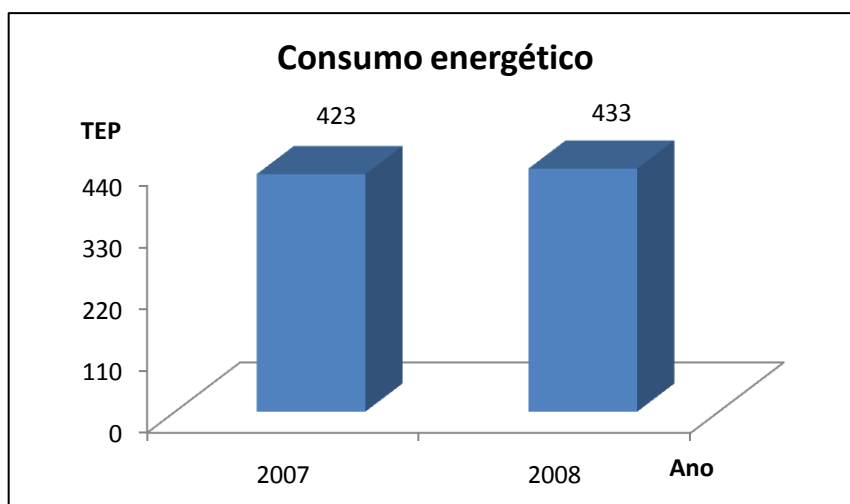


Figura 22. Consumo energético da ADRA no abastecimento de água [41]

Na diminuição do gasto energético com a água, pode também ser preponderante a redução do volume de águas residuais. O uso eficiente da água pode reduzir o volume de água, e em consequência o volume de águas residuais, decrescendo assim o consumo energético para o tratamento de águas residuais.

Como se indica na Figura 23, o consumo energético dispendido no tratamento de águas residuais decresceu do ano 2007 para 2008, na região de Aveiro [41].

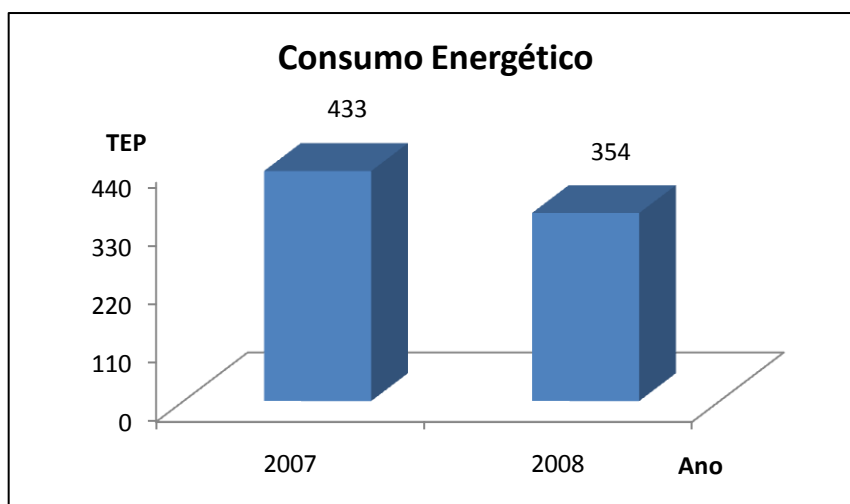


Figura 23. Consumo energético da ADRA no tratamento de águas residuais [41]

3.3.4. Imperativo ambiental

Na procura da sustentabilidade ambiental, o uso eficiente da água apresenta-se como uma das exigências principais.

Como referido anteriormente, de modo a garantir a qualidade da água para o consumo humano, são utilizadas instalações de tratamento. Este processo envolve a produção de resíduos, nomeadamente lamas que podem ser prejudiciais para o meio ambiente. Com o aumento do uso eficiente da água, pode assim existir um decréscimo na produção de resíduos que advêm do seu tratamento, contribuindo para um aumento da sustentabilidade ambiental.

De acordo com o relatório de sustentabilidade da Empresa Portuguesa de Águas Livres - EPAL, as lamas representam cerca de 97,5% do total de resíduos não perigosos produzidos (Figura 24). Estes posteriormente são depositados para secagem e encaminhadas para cimenteiras, onde são incorporadas como matéria-prima no fabrico do cimento [40].



Figura 24. Resíduos não perigosos produzidos pela EPAL [40]

A diminuição das emissões de GEE é também uma das prioridades ambientais. Através do uso eficiente da água, que resulta numa diminuição da energia dispendida na sua captação, transporte e tratamento, pode originar uma redução significativa das emissões de GEE, nomeadamente de CO₂, associadas indirectamente ao consumo de água.

4. RELAÇÃO ÁGUA – ENERGIA – CO₂

4.1. Considerações iniciais

A água e os recursos energéticos de uma nação estão intrinsecamente ligados. A crescente procura de água impulsionada pelo desenvolvimento das populações tem proporcionado o aumento do consumo de energia. A existência de infra-estruturas de fornecimento de água e recolha de águas residuais torna-se então essencial a uma sociedade em constante evolução. Para manter estes sistemas de água em funcionamento são dispendidas grandes quantidades de energia. Estima-se que entre dois a três por cento do consumo de energia do mundo é usado para bombear, tratar, transportar, aquecer e reciclar a água, para consumo urbano, industrial e agrícola. Sendo assim, os sistemas de água e energéticos estão inter-relacionados [42].

Associado ao consumo de energia, a redução de emissão de GEE apresenta-se como um dos factores preponderantes na adopção de medidas de uso eficiente da água. A diminuição do consumo de água significaria uma redução do consumo energético e por conseguinte das emissões de GEE, nomeadamente de CO₂.

O aumento da preocupação pela sustentabilidade e preservação do ambiente a nível mundial, têm tido como propósito alertar os sistemas de produção de energia para, cada vez mais, produzirem energia de origem limpa, segura e confiável com o intuito de reduzir as emissões de GEE. Portanto, uma melhor gestão da energia é uma questão crítica para alcançar as metas de sustentabilidade e segurança em todo o mundo.

Torna-se então necessário ter em conta a interdependência dos sistemas da água e energia e o impacto que podem ter no meio ambiente, através de emissões de GEE, fundamentalmente de CO₂. A Figura 25 apresenta os aspectos de interdependência da água e energia e a sua articulação com o sistema natural. No laço superior é representado os sistemas de engenharia da água e energia e a sua interdependência. No laço inferior é representado o sistema natural constituído pelo clima e pelo meio ambiente [43].

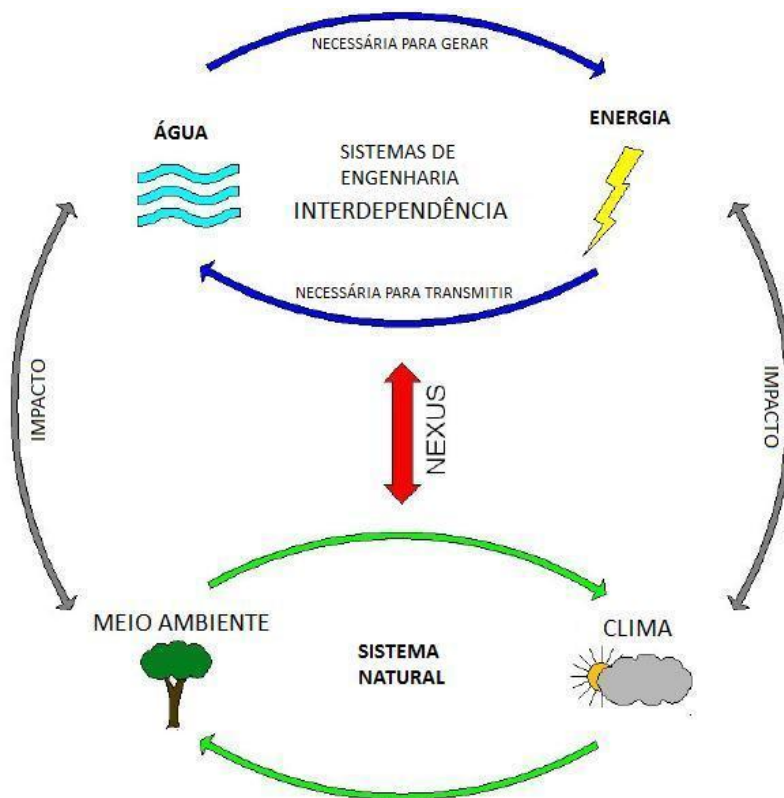


Figura 25. Água-Energia interdependência e impacto no sistema natural [43]

4.2. O Ciclo Urbano da Água

O ciclo urbano água corresponde a todas as etapas de utilização da água a partir do momento em que é captada até ao momento da sua restituição à natureza. Apesar de existirem algumas exceções, o ciclo urbano da água é um circuito fechado onde o abastecimento de água potável e o tratamento de águas residuais não são campos distintos, mas apenas diferentes fases do mesmo processo. A qualidade da água para abastecimento às populações é alcançada não apenas através do fornecimento de água potável, que é o primeiro passo, mas também considerando o ciclo da água como um sistema único.

O ciclo urbano da água é iniciado com a captação de água potável à superfície ou subterrânea. É então transportada para instalações de tratamento de água e em seguida distribuída para os utilizadores. Numa segunda fase a água é recolhida e tratada de modo a descarregá-la de novo no meio ambiente. Esta última fase depende do tipo de utilizador, sendo que grande parte da água residual proveniente do sector da agricultura não recebe qualquer tipo de tratamento.

A Figura 26 ilustra o típico ciclo urbano da água, desde a sua captação, à devolução ao meio ambiente.

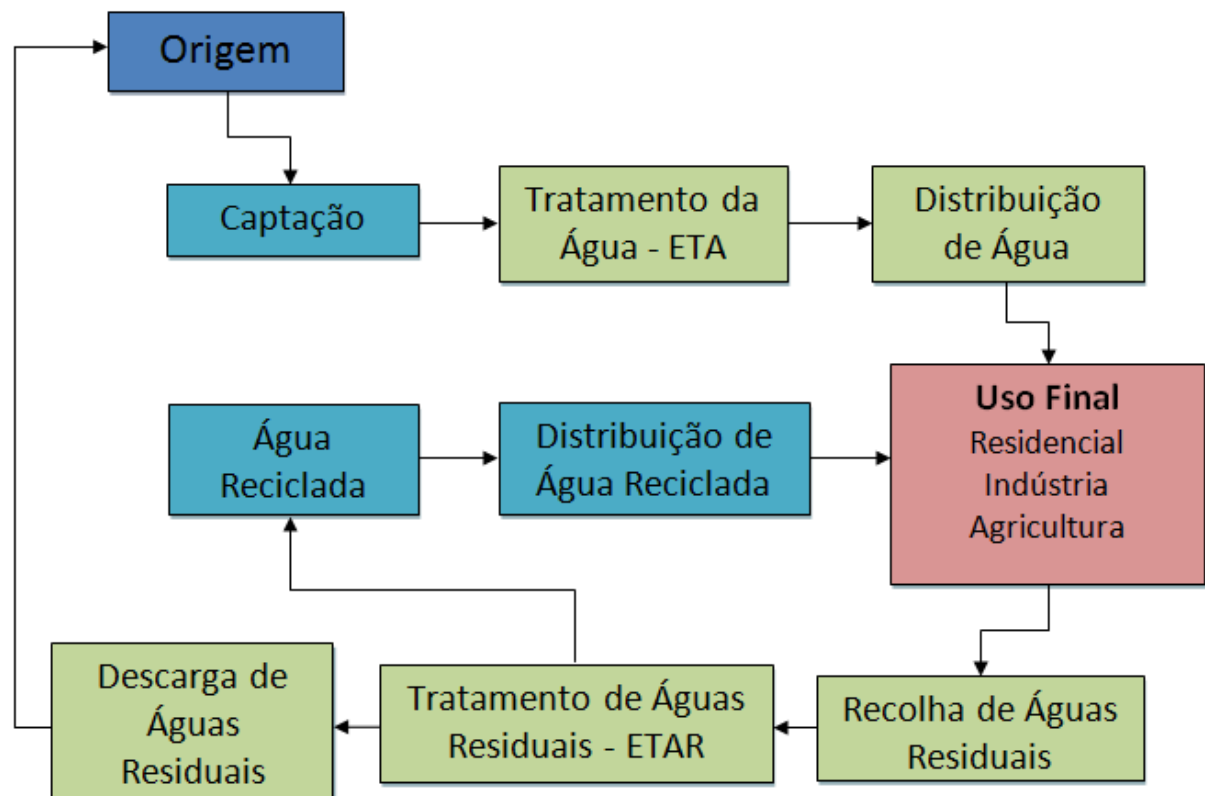


Figura 26. Ciclo Urbano da Água [44]

4.2.1. Captação de água

A água para consumo humano pode ser captada tendo dois tipos de origem, que são as águas subterrâneas e as águas superficiais. As fontes subterrâneas são essencialmente constituídas por lençóis freáticos e as fontes superficiais podem ser rios, lagos, canais e albufeiras. A água de origem superficial é de mais fácil acesso, por isso existe uma tendência para ser a mais utilizada no consumo humano. Ao contrário a água subterrânea, que pode localizar-se a profundidades excessivas, torna-se de difícil acesso, sendo assim mais onerosa a sua captação. Este tipo de localização dificulta também a renovação da massa de água, podendo mesmo demorar séculos, enquanto a água superficial, devido à acção das águas da chuva, é frequentemente renovada [45].

A captação de água tem como objectivo criar condições para que a água seja captada em quantidade e qualidade suficiente para o consumo de forma a reduzir qualquer tipo de tratamento ou até o dispensar. Na escolha da captação de água é necessário ter em consideração a capacidade desta, o consumo actual, a previsão de crescimento da população e a capacidade da captação satisfazer o consumo desta.

As águas captadas de origem superficial são vulgarmente originárias de um curso de água natural, mas também podem ter como origem captações em lagos naturais e no mar, com dessalinização posterior. A fim de apurar os condicionantes da exploração deste tipo de origem da água, alguns factores devem ser analisados, tais como [45]:

- Quantidade de água: existir uma quantidade suficiente de água para satisfazer o consumo médio da população em causa em todos os períodos do ano;
- Qualidade da água: captar água de melhor qualidade possível, localizando adequadamente a captação e efectuando um controlo sanitário adequado;
- Garantia de funcionamento: efectuar um adequado projecto da captação de modo a evitar insuficiência no caudal mínimo, desmoronamentos, inundações, obstruções com entrada indevida de corpos sólidos;
- Economia nas instalações: o projecto da captação deve apresentar o menor custo sem sacrifício da funcionalidade;
- Localização: a localização ideal é aquela que possibilita o menor percurso de adução, com menores alturas de transposição pela mesma adutora no seu percurso.

Desde a antiguidade que o homem procura fontes de água potável através de numerosas técnicas. Há cerca de 2000 anos, o Egipto e a China já eram peritos na escavação do solo com a única finalidade de obterem água.

Em Portugal, onde a captação de água tem como origem preferencial as águas superficiais, tem-se verificado um aumento substancial da utilização deste tipo de massas de águas, através da construção de grandes infra-estruturas hidráulicas para armazenamento, representando um total de 88% do volume captado [40].

4.2.2. Tratamento da água

O tratamento da água após captação tem o intuito de corrigir as características físicas, químicas e bacteriológicas da água, de modo a torná-la adequada para o consumo humano. Este tratamento é executado numa Estação de Tratamento de Água – ETA. O processo de tratamento da água divide-se nas seguintes etapas [46]:

- Pré-tratamento: a água recebe um tratamento inicial de filtração, passando por filtros multicamada compostos por uma camada de antracite e por várias camadas de areia, reduzindo assim a sua turvação;
- Pré-oxidação: a água é tratada com ozono, oxidando a matéria orgânica e eliminando os microorganismos e algas existentes na água;
- Floculação: a água é doseada com sulfato de alumínio conjuntamente com um floculante, permitindo a agregação das partículas que se encontram em suspensão, formando flocos, que serão separados nas etapas seguintes;
- Flotação e Filtração: os flocos formados na etapa precedente são arrastados para a superfície da água devido à injeção de bolhas de ar que empurram os flocos para cima. A água passa assim para a etapa da filtragem, entrando directamente no filtro constituído por areia e antracite onde são capturadas as partículas sólidas mais pequenas que não tinham subido para a superfície da água na fase da flotação. As partículas retidas nesta fase, denominadas lamas são encaminhadas para uma unidade de tratamento;
- Desinfecção final: desinfecção da água com cloro, de modo a garantir a qualidade bacteriológica da água, quer à saída da estação, quer ao longo da rede de distribuição até aos reservatórios.

4.2.3. Adução da água

A adução da água tem como finalidade transportar a água desde a zona de captação e tratamento para as zonas de consumo. Ou seja, a adutora pode transportar água bruta quando esta é transportada da zona de captação até à ETA, ou água tratada, quando transporta água da ETA até aos reservatórios de distribuição.

A adução da água pode ser do tipo gravítico ou por bombagem, sendo esta última obtida através de uma estação elevatória de água. É possível também a utilização de adutoras mistas, onde a adução é realizada em parte pelo método gravítico e por bombagem.

Na adução gravítica, a água é escoada por gravidade podendo ter um período máximo de adução de 24 h/dia (Figura 27). A adução gravítica pode ser realizada numa conduta de escoamento livre ou numa conduta forçada. A primeira permite a água circular

sempre em declive, mantendo uma superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica. Este tipo de condutas pode ser abertas ou fechadas, não podendo funcionar quando apresentam a secção cheia. Na conduta forçada, a pressão interna superior à pressão atmosférica permite à água circular, quer em sentido descendente quer em sentido ascendente, devido à existência de uma carga hidráulica [45].

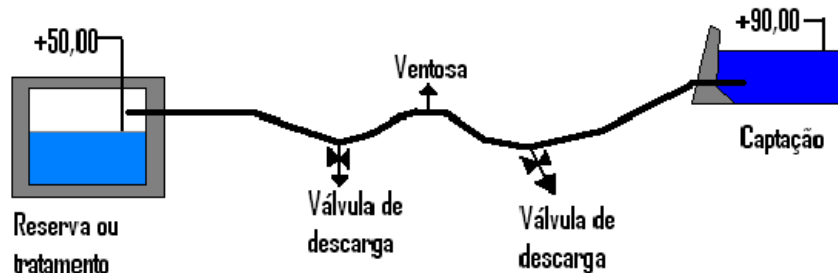


Figura 27. Adutora gravítica [45]

Na adução por bombagem, a água é conduzida de um ponto para outro de cota mais elevada, sob pressão superior à pressão atmosférica, com recurso à utilização de grupos elevatórios contidos em salas denominadas por estações elevatórias ou centrais hidropressoras (Figura 28). O seu período máximo de adução é de 16h/dia, apesar de alguns sistemas mecânicos permitirem 20h/dia com segurança razoável [45].

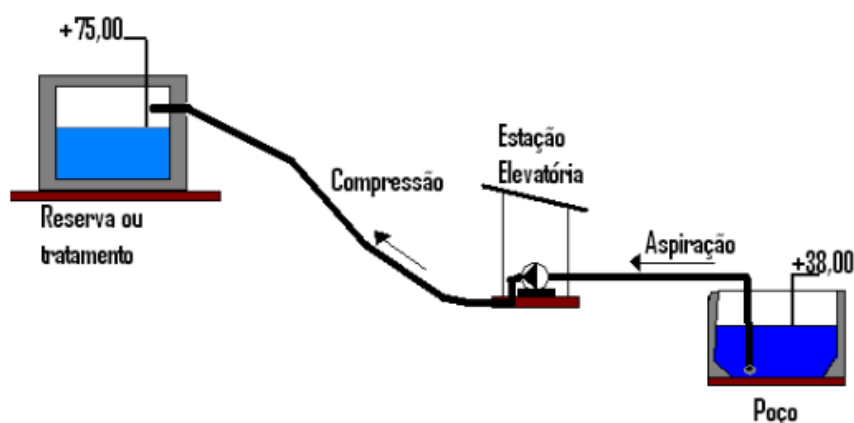


Figura 28. Adutora elevatória [45]

A utilização de estações elevatórias em sistemas de abastecimento de água têm como objectivo suprimir algumas insuficiências do sistema e atribuir-lhe uma maior capacidade ao nível da captação de água de superfície ou de poço, bombagem de água a pontos distantes ou elevados e aumento a sua capacidade de adução. Mas este tipo de

equipamento apresenta também alguns inconvenientes, tais como o aumento das despesas de operação devido a gastos com a energia, são vulneráveis a interrupções e falhas no fornecimento de energia e exigem uma operação e manutenção especializada, aumentando assim o custo com o pessoal e equipamentos. Contudo, a utilização de estações elevatórias num sistema de abastecimento de média ou grande dimensão é indispensável para o seu bom funcionamento.

Na execução de uma adutora é necessário ter em conta todos os condicionantes inerentes às condições do seu traçado em planta e em perfil longitudinal, tais como:

- Extensão, a mais curta possível e no máximo de 4km;
- Pressões de serviço nos troços;
- Facilidade de construção, reparação e vigilância;
- Transposição de obstáculos topográficos, como linhas de água, vales e linhas de cumeeada;
- Inclinações mínimas nos trechos ascendentes de 3% e descendentes de 5%;
- Profundidade mínima de assentamento das tubagens de um metro.

4.2.4. Armazenamento de água

O armazenamento da água no sistema de abastecimento é realizado através de reservatórios. Estes têm como finalidade reter uma quantidade de água suficiente para atender às exigências de eficiência da rede de distribuição. Por conseguinte os reservatórios têm como função atender as variações de consumo de água, manter a pressão mínima e constante da rede e atender a necessidades de emergência, constituindo reservas de modo assegurar a distribuição em caso de avaria [45].

Os reservatórios permitem a continuidade do abastecimento mesmo quando é necessário interrompê-lo para manutenção das unidades de captação, adução e ETA. O seu dimensionamento pode ser realizado para permitir o combate a incêndios, em locais onde a segurança da população esteja ameaçada. O seu posicionamento deve ser realizado de forma a suprir as horas de maior consumo e ainda contribuir para a diminuição dos custos com a rede de distribuição.

Os reservatórios podem ser classificados de acordo com a sua posição em relação à rede de distribuição e em relação ao terreno. Sendo assim, podem ser classificados de

reservatórios a montante, quando se apresentam a montante da rede de distribuição, e reservatórios a jusante quando se localizam a jusante da rede de distribuição. Estes últimos possibilitam uma menor variação da pressão a jusante da rede. Quanto à sua posição no terreno, estes podem ser designados de enterrados, semi-enterrados, apoiados e elevados.

Para que o reservatório possua todas as suas capacidades de bom funcionamento de modo a facultar um elevado nível de conforto às populações, é necessário ter em conta algumas medidas de bom funcionamento desta unidade, tais como [45]:

- Impermeabilização cuidadosa das paredes do reservatório;
- Localização em área não propícia a inundações;
- Afastamento da água da chuva;
- Colocação de protecção nos acessos ao reservatório;
- Colocação de protecção dos dispositivos de descarga e extravasão de modo a impedir a entrada de animais ou águas poluídas provenientes de actividades adjacentes.

4.2.5. Distribuição de água

A rede de distribuição de água é a estrutura do ciclo urbano da água mais integrada na realidade urbana e mais dispendiosa. É composta por um conjunto de condutas interligadas e de elementos acessórios, tais como válvulas de seccionamento, ventosas, válvulas redutoras de pressão e bocas-de-incêndio e de rega. As condutas estão instaladas ao longo das vias públicas e junto a edifícios de forma a conduzirem a água até aos pontos de consumo. Estas podem ser divididas em condutas principais e secundárias, sendo as primeiras de maior diâmetro e responsáveis pelo abastecimento das secundárias, que são de menor diâmetro e abastecem directamente os pontos de consumo. A instalação das condutas em valas, deve prever um recobrimento adequado de terra de forma a absorver o impacto de cargas móveis, tais como veículos pesados [45].

Para garantir o bom funcionamento e a boa qualidade da água na rede de distribuição deve-se ter em conta algumas medidas, tais como [45]:

- O sistema deve ser projectado, construído e operado de forma a manter a pressão mínima em qualquer ponto da rede;

- A desinfecção das condutas, quando colocadas ou reparadas, deve ser feita utilizando uma solução de concentrado de cloro durante 24h. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos;
- O sistema deve ser protegido contra poluição externa, durante a sua execução e manutenção, impedindo a ocorrência de contaminação;
- As condutas de água potável localizadas em valas devem distar no mínimo três metros das condutas de esgoto, de modo a evitar contaminação;
- Evitar interrupções no abastecimento de água, de modo a evitar subpressões que podem permitir a penetração de água contaminada para dentro da rede.

4.2.6. Drenagem de efluentes

A drenagem de efluentes ou drenagem de águas residuais, tem o propósito de recolher a água utilizada nos diversos pontos de abastecimento e conduzi-la até às unidades de tratamento de águas residuais. Este processo é realizado através de condutas destinadas a este tipo de água, podendo também envolver processos de elevação.

A drenagem de águas residuais desempenha um importante papel na preservação da qualidade de vida local e no meio em que vivemos. Uma adequada recolha, transporte e tratamento de águas residuais pode evitar que os rios se transformem em esgotos e potenciais focos de doenças, apresentando-se assim como uma medida essencial para alcançar uma protecção sanitária das populações. O saneamento contribui de forma decisiva para a manutenção da qualidade de vida ambiental e das actividades ligadas à água, como o turismo, piscicultura e agricultura. Um eficiente sistema de saneamento de águas residuais assegura assim um aumento da qualidade de vida das populações [45].

4.2.7. Tratamento de efluentes

O tratamento de efluentes tem como finalidade corrigir as características físicas, químicas e bacteriológicas das águas residuais, com o objectivo de as rejeitar para o mar ou rio, com um nível de poluição inofensivo para o meio ambiente receptor. Este processo é realizado por uma Estação de Tratamento de Águas Residuais – ETAR.

Para alcançar um reduzido nível de poluição para a sua rejeição no meio ambiente, as águas residuais passam por várias etapas de tratamento. Estas visam separar a matéria poluente da água. Na primeira etapa de tratamento, designada por pré-tratamento, a água residual é sujeita a processos de separação dos sólidos mais grosseiros como sejam a gradagem, o desareamento e o desengorduramento. Nesta etapa, de modo a preparar para as posteriores fases de tratamento, o efluente é sujeito a um pré-arejamento e a uma equalização tanto de caudais como de cargas poluentes. Numa segunda etapa, designada tratamento primário, a matéria é separada da água por sedimentação nos sedimentadores primários. Tratando-se este de um processo essencialmente de acção física, em algumas situações, pode ser ajudado pela adição de agentes químicos que através de uma coagulação/floculação possibilitam a obtenção de flocos de matéria poluente de maiores dimensões e assim mais facilmente decantáveis. Após esta etapa, a matéria poluente que permanece no efluente tem reduzidas dimensões sendo normalmente constituído por coloides, não sendo possível a sua remoção por processos físico-químicos. Inicia-se então uma terceira etapa, o tratamento secundário envolvendo processos de tratamento biológicos. Estes vão degradar a matéria coloidal através de microrganismos designados por reactores biológicos. Devido a se tratar de microrganismos aeróbios é necessário promover o arejamento nesta etapa. Seguidamente o efluente saído do reactor biológico é constituído por uma grande quantidade de microrganismos e uma reduzida quantidade de matéria poluente. Os microrganismos vão então sofrer um processo de sedimentação nos designados sedimentadores secundários [47].

Terminado o tratamento secundário, as águas residuais tratadas já apresentam um reduzido nível de poluição, podendo assim na maioria dos casos ser rejeitados para o meio ambiente. No entanto, é necessário proceder a uma desinfecção das águas residuais tratadas ou à remoção de alguns nutrientes, como o azoto e o fósforo, que podem potenciar, individualmente ou em conjunto, a eutrofização das águas receptoras [47].

4.2.8. Descarga e deposição

O ciclo urbano da água é então finalizado pela descarga ou deposição da água residual tratada no meio receptor, no mar ou no rio. A água residual pode também ser reutilizada para usos compatíveis com a sua qualidade. As lamas gorduras e areias

resultantes do tratamento das águas residuais são depositadas em aterros sanitários, podendo também ser utilizadas como valorização agrícola e energética.

4.3. Impacto do uso da água no consumo de energia

4.3.1. Ao nível da rede de distribuição

A energia é necessária em todos os estágios do ciclo urbano da água. Proporcionar às populações o abastecimento de água potável e a eliminação de águas residuais implica uma utilização intensiva de energia. O ciclo urbano da água é extremamente dependente da energia como sua principal fonte de locomoção. Desde a captação da água, ao seu consumo e tratamento de águas residuais, que a energia apresenta um papel fundamental no alcançar destas metas com sucesso.

O consumo de energia no ciclo urbano da água pode dividir-se essencialmente em cinco etapas, sendo elas a captação, tratamento, distribuição e uso final, recolha e tratamento de águas residuais. Em cada uma delas a quantidade de energia dispendida pode variar dependendo do local específico e da população a servir.

Na captação de água esta tem de ser desviada ou bombada de rios, lagos, poços, furos ou aquíferos e em seguida transportada através de colinas e planícies até a reservatórios de modo a ser encaminhada para a ETA. Contudo uma pequena quantidade da água potável consumida é de origem reciclada ou captada no mar. Esta etapa pode envolver um intensivo dispêndio de energia, nomeadamente no uso de bombas para extrair a água [48].

O tratamento da água é realizado numa instalação designada por ETA, como anteriormente referido. Este tipo de instalação utiliza a energia para bombear e efectuar todo o seu processo de tratamento da água. A procura de energia nesta etapa do ciclo da água deverá aumentar ao longo da próxima década, devido à expansão da sua capacidade de tratamento, à adopção de padrões mais exigentes no tratamento da água e ao desenvolvimento de novos tipos de tratamentos a fim de melhorar o sabor e a cor da água potável [48].

A distribuição de água pode ser efectuada recorrendo ou não à utilização de energia. Através do uso de adutoras gravíticas, o gasto energético com a distribuição seria nula. Contudo este tipo de método pode apenas ser utilizado quando o reservatório está suficientemente superior em altura ao local de uso da água. O outro método utilizado é a adução por elevação, recorrendo a estações elevatórias. Este método é utilizado na grande maioria dos casos pois consegue estabelecer uma maior eficácia na rede de distribuição de água. Ao contrário da adutora gravítica, esta apresenta um gasto energético significativo devido ao uso de bombas para circular a água. O uso de energia na distribuição de água ocorre quando é necessário bombear água para um reservatório ou manter uma pressão suficiente de modo a assegurar o fluxo da água. A energia dispendida no bombeamento da água é em função da configuração da rede de distribuição, da sua dimensão, do tipo de elevação e da sua idade. O crescimento urbano apresenta-se como o principal responsável pelo aumento da procura de energia nas redes de distribuição, pois cada vez mais a água é transportada até locais mais distantes dos reservatórios [48].

A drenagem de águas residuais tem como propósito encaminharem a água recolhida nos locais de uso até uma ETAR. Este processo é efectuado utilizando um sistema de recolha de águas residuais por gravidade ou recorrendo ao uso de bombas. O dispêndio de energia nesta etapa focasse na utilização de bombas para fazer circular a água residual [44].

O tratamento de águas residuais envolve processos que necessitam de energia para a sua execução. Alguns sistemas de tratamento de águas residuais exijam uma maior quantidade de energia do que outros, dependendo da quantidade de fluxo de água residual tratada, do nível de tratamento necessário e das tecnologias de tratamento utilizadas. O consumo de energia no tratamento de águas residuais deverá aumentar com a adopção de regras mais rigorosas de qualidade da água, sendo novas técnicas e processos de tratamento implementadas, o que significa um maior dispêndio de energia. Contudo, com o aumento da qualidade das águas residuais, uma maior quantidade de água reciclada pode ser encaminhada para abastecimento de água aos consumidores, representando assim uma diminuição de energia na distribuição de água [44].

A descarga de águas residuais no ambiente pode ser efectuada através de sistemas que utilizam a gravidade como principal fonte de locomoção ou através de sistemas que necessitam de energia para transferir o efluente até ao local de descarga, recorrendo ao uso de bombas [44].

A reciclagem da água e sua posterior distribuição pode ou não envolver o uso de energia. Dependendo do nível de tratamento das águas residuais nas instalações existentes, o efluente pode ser reciclado sem a necessidade de tratamento adicional, ou seja, sem recorrer a energia adicional. Contudo, a maioria dos sistemas de distribuição de água reciclada exigem a utilização de energia para bombear a água para os utilizadores pretendidos. O aproveitamento da água reciclada torna-se assim uma estratégia importante para se alcançar um uso eficiente da água e uma diminuição da energia dispendida no seu ciclo [44].

A cada etapa do ciclo urbano da água é atribuída uma determinada intensidade energética. Esta pode variar conforme o tipo de etapa em execução, mas também é dependente de alguns factores determinantes, tais como, a origem da água, o volume de água transportado, a distância e a topografia do terreno. A intensidade energética pode atingir valores baixos e até nulos para sistemas auxiliados pela gravidade, mas pode também atingir valores altos quando outros sistemas necessitam de recorrer ao uso de bombas para transportar volumes de água. A intensidade energética pode ser definida como a quantidade de energia consumida por unidade de água, associada a cada etapa do ciclo urbano da água.

A Tabela 2 demonstra a considerável variabilidade da intensidade energética em cada etapa do ciclo urbano da água, excluindo a etapa do uso final da água. Este estudo foi realizado pela California Energy Commission, retratando a intensidade energética do ciclo urbano da água no estado da Califórnia [44].

Tabela 2. Variação da intensidade energética nas etapas do ciclo urbano da água [44]

Etapa do Ciclo urbano da água	Intervalo de intensidade energética (KWh/m ³)	
	Baixo	Alto
Captação e transporte de água	0	3,70
Tratamento de água	0,03	4,23
Distribuição de água	0,19	0,32
Recolha e tratamento de águas residuais	0,29	1,22
Descarga de águas residuais	0	0,11
Tratamento e distribuição de água reciclada	0,11	0,32

Analisando os dados da tabela, verifica-se que a etapa que apresenta um maior potencial para alcançar um valor máximo de intensidade energética é o tratamento de água, com um valor de 4,23 KWh/m³. Segue-se a captação e transporte de água como a etapa que apresenta o segundo maior valor de intensidade energética. Logo, considerando só as três primeiras etapas do ciclo urbano da água (Captação e transporte, tratamento, distribuição de água) verifica-se que a intensidade energética pode variar de 0,22 KWh/m³ a 8,25 KWh/m³, ou seja cerca 22% a 83,3% da intensidade energética total do ciclo urbano da água. As restantes etapas (recolha e tratamento, descarga, tratamento e distribuição de águas residuais) apresentam valores de intensidade energética que podem variar entre 0,4 KWh/m³ a 1,65 KWh/m³.

Pode-se então concluir, através da análise destes dados (Tabela 2), que os maiores valores de intensidade energético no ciclo urbano da água encontram-se nas três primeiras etapas, apesar destas registarem uma variação de valores muito superiores às últimas três etapas do ciclo urbano da água. Apesar da variação da intensidade energética ser inferior nas três últimas etapas, o seu valor máximo é muito inferior ao atingido nas primeiras três.

4.3.2. Ao nível do consumo final

A utilização final de energia associada ao consumo urbano de água representa também uma das preocupações na procura por uma sustentabilidade energética e

ambiental. A nível urbano, o consumo de água divide-se por três grandes sectores, sendo eles, o sector residencial, industrial e comercial.

O consumo de água no sector residencial pode ser associado a diversas actividades tais como, uso de água na higiene pessoal (chuveiro, banheira, lavatório), em bacias de retrete, máquinas de lavar roupa e loiça, rega de jardins, piscinas e jacuzzis. O dispêndio de energia para a realização de algumas destas actividades torna-se essencial. Este consumo de energia pode ser associado a actividades como, a produção de água quente sanitária, em sistema de refrigeração de água, há circulação de água em piscinas e jacuzzis, bombeamento de água de poços particulares e em edifícios com elevada altura. Consoante o tipo de actividade a realizar, o tipo de energia pode diferir, sendo que a electricidade, o gás natural e o gás butano são os mais utilizados.

Um estudo realizado pela California Energy Commission, em que foi contabilizado o consumo de energia associado à utilização de água no sector residencial, comercial e industrial, considerando como fontes de energia o gás natural e a electricidade, conclui que o sector residencial representa cerca de 48% do total do consumo de ambas as energias. Já o sector industrial representa um total de 22% do consumo de electricidade e 45% de gás natural, seguindo-se o sector comercial apresentando 30% do consumo de electricidade e 6% do consumo de gás natural (Tabela 3) [44].

Tabela 3. Utilização final de energia associada ao consumo urbano de água [44]

Sector	Electricidade (GWh)	Gás Natural (GWh)
Residencial	13,528	60,23
Comercial	8,341	7,32
Industrial	6,017	56,1
Total	27,887	123,56

No sector comercial e industrial a utilização de energia associada ao consumo de água inclui todas as actividades referidas no sector residencial, além de outras. Algumas das actividades mais consumidoras de energia relacionadas com o sector comercial e industrial, é a sua utilização em equipamentos de refrigeração de água e resfriamento de ar, em fornos e mesas de vapor, processos de fabrico que envolvam água quente e vapor de água e lavagem de automóveis e camiões. Contudo, no sector industrial, o dispêndio de energia relacionado com o consumo água está inteiramente dependente dos tipos de processos

específicos envolvidos na actividade, apresentando a indústria de extracção de petróleo e gás natural um consumo de energia superior às restantes indústrias [44].

Nos EUA, um estudo realizado para quantificar a percentagem de energia dispendida no consumo de água por equipamento numa habitação, conclui que o uso do chuveiro apresenta a maior percentagem de energia, cerca de 41% do total, seguindo-se as torneiras e máquinas de lavar roupa, ambas com 24% do total (Figura 29) [49].

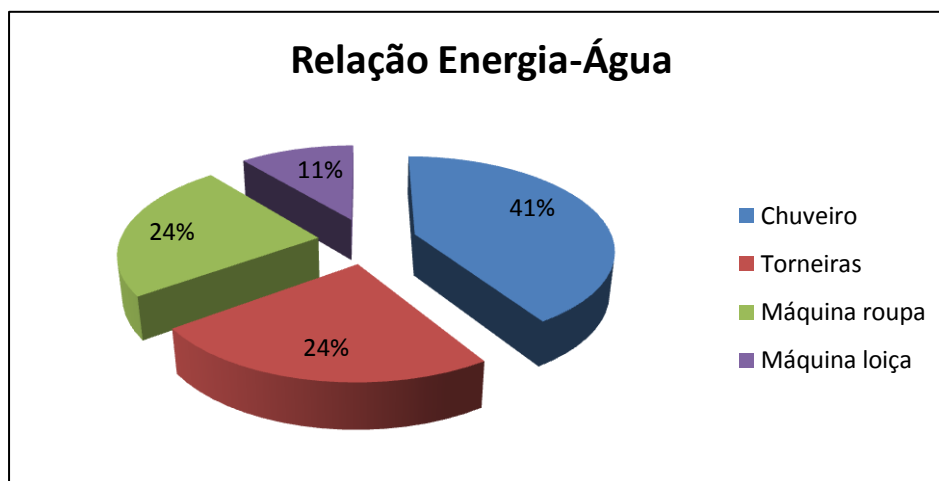


Figura 29. Percentagem de energia dispendida no consumo de água numa habitação [49]

4.4. Águas Quentes Sanitárias

A distribuição de água quente numa habitação é hoje em dia imprescindível. Entende-se por Águas quentes sanitárias – AQS, toda a água potável a temperatura superior a 35°C, utilizada em banhos, limpezas, cozinha e outros fins específicos, preparada em dispositivo próprio, com recurso a fontes de energia convencionais ou renováveis [15].

Ao longo das últimas décadas o consumo de AQS tem sofrido um aumento progressivo, sendo que, juntamente com o aquecimento da habitação, representam já mais de metade da energia consumida numa habitação [50].

Na Europa, cerca de 25% do consumo de energia numa habitação está associado à utilização de AQS, sendo este valor em Portugal, segundo a EDP, relativamente inferior, cerca de 22% [50, 51].

De forma a contrariar o sentido ascendente do consumo de energia para AQS, em alguns países do Norte da Europa são já aplicadas taxas e subsídios de forma a alcançar este propósito. Algumas restrições foram também tomadas, nomeadamente para edifícios novos,

que definem que a procura de serviços de energia final deve rondar os 95kW/h/m², sendo 60kWh/m² para aquecimento, 25kWh/m² para AQS e os restantes 10kWh/m² para perdas na produção e distribuição de energia [50].

Na grande maioria das habitações o aquecimento de águas é realizado através de esquentadores ou caldeiras. Sendo Portugal um dos países europeus com maior disponibilidade do recurso energético solar, a utilização de colectores solares como forma de aquecimento de águas apresenta-se como uma das alternativas aos tradicionais equipamentos. Porém, têm existido algumas barreiras ao desenvolvimento e aplicação de colectores solares, nomeadamente a existência de um elevado investimento inicial no equipamento, falta de conhecimento e credibilidade por parte dos consumidores e constrangimentos a nível da construção de edifícios [50].

4.4.1. Fontes de energia utilizadas

Em Portugal, as fontes de energia mais utilizadas para o aquecimento de água numa habitação são os combustíveis fósseis, nomeadamente o gás natural, gás de petróleo liquefeito, mais conhecido por gás butano e gás propano, e por vezes os combustíveis sólidos. Estes combustíveis podem ser consumidos directamente ou através da utilização de electricidade, que pode derivar de qualquer dos combustíveis referidos anteriormente, ou a partir de fontes de energia renovável, ou até nuclear. A energia solar apresenta-se como uma energia alternativa renovável aos combustíveis fósseis em AQS, também já utilizada em Portugal.

4.4.1.1. Gás de petróleo liquefeito – GPL

O Gás de Petróleo Liquefeito – GPL, também conhecido por gás de cozinha, é um dos sub-produtos do petróleo, sendo retirado do mesmo através de refinação, numa refinaria de petróleo. Por se tratar do mais leve sub-produto do petróleo, é o ultimo produto resultante da cadeia de extracção de derivados do petróleo. Antes dele são produzidos os óleos combustíveis, a gasolina, o querosene, o diesel e a nafta. Após a sua produção, o GPL é armazenado em recipientes fabricados em aço de várias capacidades volumétricas e formas, sendo o mais conhecido a garrafa de 13 Kg. Na construção destes recipientes são utilizados materiais com capacidade mecânica para aguentarem pressões até 17 kgf/cm², com o intuito

de se obter uma maior segurança em relação a eventuais rompimentos e para facilitar a vaporização do produto na sua utilização. O GPL quando armazenado em recipientes com pressões de 6 a 8 atmosferas (6 a 8 Kgf/cm²), torna-se liquefeito. Os recipientes que contêm GPL são cheios até 85% da sua capacidade máxima, sendo os restantes 15% de espaço livre utilizados na vaporização do produto, o que constitui também um espaço de segurança, evitando assim uma pressão elevada no interior do recipiente. Comparando com outros combustíveis, o GPL apresenta algumas vantagens a nível técnico e económico, associadas à superioridade dos gases na hora da queima e à facilidade de transporte e armazenamento [52].

Em Portugal, o GPL pode ser consumido em garrafas, canalizado ou a granel. O gás butano apenas se apresenta em garrafas, porém o gás propano apresenta-se em todas as formas de consumo referidas [53].

O gás butano é especialmente vocacionado para o uso doméstico, mais sensível a exigências de segurança, rendimento, limpeza e economia e encontra-se disponível em garrafas de 13 Kg [53].

O gás propano é ideal para necessidades de consumo de gás mais intensas, nomeadamente na área de restauração e hotelaria ou em moradias. Este tipo de gás permite varias utilizações como aquecer água, aquecer o ambiente e cozinhar, e encontra-se disponível em garrafas de 11 e 45 Kg, canalizado ou a granel [53].

Considerando que ambos os tipos de gás podem ser utilizados para aquecer água numa habitação, efectuou-se assim uma comparação a nível económico e energético entre ambos. Para a realização desta análise foi tido em conta o poder calorífico inferior do gás butano e propano, que representa a energia libertada na forma de calor. De modo a obter-se uma análise económica, consideram-se os preços praticados pela Galp Energia, em Abril de 2011, para o gás butano de 23,1 € (garrafa de 13 Kg) e gás propano de 23,75 € (garrafa de 11 Kg). Tendo em conta que para aquecer 1 m³ de água a 37°C é necessário cerca de 30 kWh de energia, obteve-se assim a seguinte análise económica e energética dos tipos de energia considerados [54] (Tabela 4).

Tabela 4. Análise económica e energética do gás butano e propano

Tipo de energia	Poder Calorífico Inferior – PCI (Kcal/Kg)	Custo da energia (€/Kg)	Quantidade de gás para aquecer 1m ³ de água a 37°C (Kg/m ³)	Custo da energia para aquecer 1m ³ de água a 37°C (€/m ³)
Gás Butano	10900	1,78	2,37	4,22
Gás Propano	11070	2,16	2,33	5,03

Através da análise da Tabela 4 realizada verifica-se que para aquecer 1m³ de água a 37°C é gasto cerca de 2,37 Kg de gás butano e 2,33 Kg de gás propano. Do ponto de vista económico o gás butano é aquele que apresenta um menor custo, cerca de 4,22€/m³, sendo o gás propano um pouco mais dispendioso, com 5,03 €/m³.

4.4.1.2. Gás natural

O gás natural é um combustível fóssil encontrado em rochas porosas no subsolo associado ou não a depósitos petrolíferos. Resulta da decomposição de sedimentos orgânicos de origem vegetal e animal, acumulados ao longo de milhares de anos em jazidas naturais subterrâneas. O gás natural é extraído destas jazidas e sujeito a um conjunto de processos físicos e químicos de modo a remover ou reduzir os teores contaminantes, para atender as especificações legais do mercado, condições de transporte e segurança. A sua composição inclui etano, hidrocarbonetos leves e metano, sendo que este último representa mais de 70% do seu volume. Porém, a sua composição pode variar bastante consoante os factores relativos ao campo em que o gás é produzido, ao seu acondicionamento, processamento e transporte [52].

O gás natural permanece no estado gasoso, sob pressão atmosférica e temperatura ambiente. Mais leve que o ar, dissipa-se facilmente na atmosfera em caso de fuga. Para que ocorra a sua inflamação é necessário ser sujeito a temperaturas superiores a 620°C. Além dos seus benefícios económicos, o gás natural é um combustível não-polvente, efectuando uma combustão limpa e dispensando tratamento dos produtos lançados na atmosfera sendo no entanto produtor de emissões de CO₂ para a atmosfera [52].

No século XX os avanços nas áreas de metalurgia, técnicas de soldadura e construção de tubos foram significativos. Isto permitiu a construção e instalação de milhares de quilómetros de gasodutos em todo o mundo. Desde então, o gás natural passou a ser

consumido em grande escala por países como os Estados Unidos, Japão e pela grande maioria dos países Europeus, devido principalmente, às vantagens ambientais e económicas que apresenta [52].

No uso doméstico, o gás natural tem como usos principais o aquecimento de água e o aquecimento do ambiente. Beneficiando das suas características do ponto de vista ecológico, económico, de segurança e comodidade, actualmente o gás natural apresenta-se como a energia de eleição para a maioria das habitações.

Em Portugal, o gás natural foi introduzido em 1997 pelo grupo Galp Energia. Através das distribuidoras regionais e da Transgás, a Galp Energia leva actualmente o gás natural a mais de 750 mil clientes domésticos [53].

Na Tabela 5 são apresentados os tarifários em função do consumo de gás natural, no sector residencial. Estes valores são praticados em Portugal pela Galp Energia no sector residencial, até 30 de Junho de 2011 [53].

Tabela 5. Tarifário de gás natural da Galp Energia

Escalão	Consumo de Gás Natural (m ³ /ano)	Termo tarifário fixo (€/mês)	Energia (€/kWh)	Termo tarifário fixo (€/dia)
Escalão 1	0-220	1,73	0,0622	0,0569
Escalão 2	221-500	3,23	0,0574	0,1062
Escalão 3	501-1000	4,40	0,0540	0,1447
Escalão 4	1001-10000	5,40	0,0535	0,1775

4.4.1.3. Energia eléctrica

A energia eléctrica é uma forma de energia que pode ser gerada a partir de diferentes tecnologias. As principais recorrem do movimento giratório que pode provir de uma energia mecânica directa, como o movimento da água ou o vento, ou de um ciclo termodinâmico. Este último está associado ao aquecimento de um fluido que proporciona o movimento de um motor ou turbina, a partir da queima de combustíveis fósseis, ou através de reacções nucleares, gerando assim energia eléctrica. Consoante a sua transformação é possível obter diferentes formas finais de uso directo, tais como luz, movimento e calor. Na actualidade, a energia eléctrica é uma das formas de energia mais utilizadas pelo homem,

devido à sua facilidade de transporte e baixo índice de perda energética durante conversões. Por esta razão o seu fornecimento tem de ser contínuo e interrupto para os consumidores.

Em Portugal a energia eléctrica é produzida na sua grande maioria a partir do petróleo, representando cerca de 50% do consumo total de energia primaria em 2009. A crescente aposta nas energias renováveis nos últimos anos em Portugal tem apresentado resultados significativos na produção de energia eléctrica, sendo que estas representam já 20% do consumo total de energia primária. Em seguida apresentam-se o gás natural com 18% e o carvão com 12% [6].

No uso doméstico a energia eléctrica pode ser utilizada na iluminação, no aquecimento de água e nos demais equipamentos da habitação, desde a máquina de lavar roupa e louça, frigorífico, televisão, etc. O aquecimento de água pode representar até 25% do total do consumo de energia eléctrica numa habitação [50].

Portugal tem vindo a verificar um aumento do consumo de energia eléctrica no sector doméstico, que em 2009 foi de 2630 kWh/alojamento relativamente aos 2510 kWh/alojamento em 2008 [6].

Do ponto de vista económico, são apresentadas as tarifas de venda a clientes finais da energia eléctrica em Portugal praticadas pela EDP na Tabela 6. Na constituição desta tabela foi tido em conta a tarifa simples destinada à generalidade dos clientes residenciais, em que o preço do kWh é igual em todas as horas do dia, e as tarifas bi-horaria e tri-horaria que têm uma redução de 45% no preço do kWh consumido no vazio, sendo este um tarifário ideal para o consumo nocturno ou de fim-de-semana [55].

Tabela 6. Tarifas de venda a clientes finais, EDP

Tipo de tarifário	Período horário	€/kWh
Simple ≤ 2,3kVA		0,1027
Simple > 2,3kVA		0,1326
Bi-horária	Horas fora de vazio	0,1448
	Horas de vazio	0,0778
Tri-horária	Horas de ponta	0,1593
	Horas de cheias	0,1373
	Horas de vazio	0,0778

Com o intuito de obter uma análise económica relativamente aos tipos de energia utilizados em AQS recolheram-se os custos das energias utilizadas (Tabela 7), considerando um custo médio da electricidade de 0,12 €/kWh, o custo de 0,06 €/kWh de Gás Natural correspondente ao escalão 1 praticado pela Galp Energia no sector residencial, o custo de 0,14 e 0,17 €/kWh para o Gás Butano e Propano respectivamente. Analisando a Tabela 7 verifica-se que o Gás Natural apresenta o menor custo por kWh de energia.

Tabela 7. Custo da energia

Tipo de Energia	Custo (€/kWh)
Gás Butano	0,14
Gás Propano	0,17
Gás Natural	0,06
Electricidade	0,12

4.4.1.4. Energia solar

A Energia Solar é a principal fonte de energia do nosso planeta, responsável pela manutenção das várias formas de vida existentes na Terra. Apresenta-se como um recurso energético inesgotável e constante. O Sol fornece, para a atmosfera terrestre, uma elevada quantidade de energia, cerca de 3.850.000 exajoule por ano correspondente a 10.000 vezes o consumo mundial verificado nesse mesmo período. Apresentando um grande potencial energético, a energia solar pode ser captada e posteriormente transformada em diversas formas de aproveitamento para o homem, como para o aquecimento de água e para a produção de energia eléctrica. Pode ser captada através de métodos directos, usando uma célula fotovoltaica gerando assim electricidade ou através de um colector solar gerando energia em forma de calor, e métodos indirectos quando é necessário mais do que uma transformação para que ocorra produção de energia utilizável, como por exemplo os edifícios que através das suas janelas captam a radiação solar.

Esta fonte de energia é considerada demasiado dispersa, apresentando vantagens e desvantagens daí decorrentes. As principais vantagens do uso da energia solar são:

- A energia solar não polui durante o seu uso;
- Pode ser aplicada em utilizações finais directas;
- Disponibilidade geográfica, sobretudo em locais onde outras fontes de energia são escassas ou inacessíveis;

- Pode ter aplicações diversas.

Porém, este tipo de energia pode também apresentar algumas desvantagens, tais como:

- Variações na quantidade de energia produzida de acordo com a situação atmosférica (sol, chuva e neve);
- Locais em latitudes médias e altas sofrem quebras bruscas de produção durante os meses de Inverno;
- Os processos de armazenamento da energia solar são pouco eficientes comparados com outros tipos de energia, como os combustíveis fósseis;
- Os equipamentos para captar a energia solar podem apresentar um custo elevado em relação a outros tipos de energia.

O desenvolvimento do uso da energia solar levou a existência já em 2002, na UE, de cerca de 12,3 milhões de m² de colectores solares térmicos. Cerca de 60% destes encontram-se na Alemanha, Grécia e Áustria. A UE estabeleceu como meta a instalação de 100 milhões de colectores até 2010 [6].

A Alemanha tem vindo a estabelecer um aumento dos incentivos, de 92 para 125 euros por m² de superfície colectora instalada, o que teve resultados significativos no relançamento do mercado em 2003. Em cidades como Barcelona, foram estabelecidos regulamentos municipais que exigem a instalação de sistemas solares que garantam 60% do consumo de água quente nas habitações de edifícios de serviços. Como resultado destas medidas verificou-se, em ano e meio, um aumento de 750% neste tipo de instalações [6].

Portugal é um dos países da Europa com maior disponibilidade de radiação solar, cerca de 2200 a 3000 horas por ano, o que o torna uma pais com grandes potencialidades para aproveitamento de energia solar (Figura 30) [56].

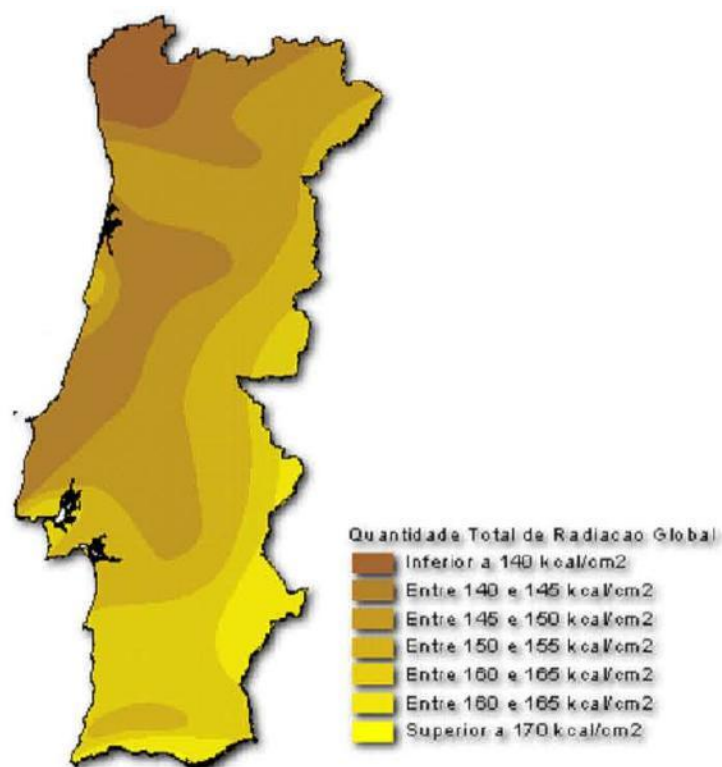


Figura 30. Radiação global anual em Portugal [56]

Apesar da utilização de sistemas solares térmicos ou fotovoltaicos estão a aumentar em Portugal, está ainda longe de corresponder ao potencial de energia solar, disponível no país. De modo a inverter esta tendência, foi criado o Programa Água Quente Solar, contido no Programa E4 de Eficiência Energética e Energias renováveis, que pretende implementar o uso da Energia Solar em Portugal. Deste modo, foram então desenvolvidas as linhas de intervenção para apoio à produção de água quente com energia solar, nomeadamente na promoção da imagem e exploração do interesse económico e social da opção solar térmico para aquecimento de água, reforço do incentivo fiscal e financeiro, dinamização do processo de certificação de qualidade de sistemas solares e de certificação profissional de técnicos instaladores e projectistas, e desenvolvimento dos serviços de venda de água quente a partir de energia solar e venda e posterior instalação de sistemas de colectores solares [57].

Em Portugal o recurso a sistemas de colectores solares térmicos já está abrangido pelo RCCTE, sendo obrigatório o seu uso sempre que haja uma exposição solar adequada, na base de 1m² de colector por ocupante convencional previsto, podendo este valor ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, em vertentes ou terraços orientados no quadrante sul, entre sudeste e sudoeste. Como exposição solar adequada considera-se a existência de uma cobertura em terraço ou inclinada com água cuja

normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre sudoeste e sudeste, que não sejam sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do sol e termina duas horas antes do ocaso [15].

Em Portugal, no ano de 2007 deu-se inicio à construção da maior central fotovoltaica do mundo (actualmente está em 6º lugar), situada em Moura. Com uma capacidade instalada de 46,41 MW pico iniciais, a central é capaz de produzir cerca de 93mil MW de energia por ano, o suficiente para abastecer 30 mil habitações. O seu funcionamento deverá evitar a emissão na atmosfera de cerca de 152 mil toneladas de CO₂ por ano [6].

Do ponto de vista económico, em Portugal, o custo das instalações térmicas de aquecimento de água para pequenos sistemas podem-se situar entre os 600 a 800 €/m², e para grandes sistemas em cerca de 350 a 600 €/m² [6].

4.4.2. Sistemas de AQS

Na elaboração de um projecto de um sistema predial de água quente devem ser tidos em conta alguns requisitos essenciais ao seu bom funcionamento, tais como qualidade e quantidade da água, disponibilidade da água, adequabilidade do uso da água e sua temperatura. Um sistema predial de água quente pode ser classificado em privado, central privado e central colectivo.

4.4.2.1. Sistema individual

O sistema individual consiste na alimentação de um ponto de utilização sem a necessidade de recorrer a uma rede de água quente. As fontes de energia mais utilizadas neste sistema são o gás e a electricidade. Os tipos de equipamentos usados são os aquecedores a electricidade, que aquecem água através de uma resistência eléctrica que é accionada pelo fluxo de água, e os aquecedores a gás, que possuem um queimador que é accionado por uma chama piloto, quando da passagem do fluxo de água. Consoante o tipo de comburente usado, estes equipamentos podem ser denominados de aquecedores de fluxo e aquecedores com consumo de ar interno ao ambiente. Os aquecedores de fluxo utilizam como comburente o ar exterior e os produtos resultantes da combustão são encaminhados para o exterior. Apresenta como vantagem, a sua colocação em qualquer tipo de ambiente, mesmo naqueles onde existe a permanência de pessoas. Para o aquecedor a

gás com consumo de ar interno ao ambiente é necessário prever um mecanismo para exaustão dos gases provenientes da combustão [58, 59].

No sistema individual de aquecimento da água o equipamento é instalado no próprio local de consumo de água quente, não necessitando assim de distribuição da água.

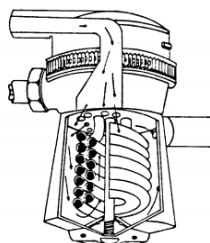


Figura 31. Sistema individual de aquecimento de água – aquecedor elétrico [59]

4.4.2.2. Sistema central privado

O sistema central privado consiste num equipamento responsável pelo aquecimento da água e de uma rede de tubagens, a partir de qual se distribui a água quente para os pontos de utilização, pertencentes a uma mesma habitação. As fontes de energia utilizadas neste sistema é o gás, electricidade, energia solar, a lenha e o gasóleo. Podem ser utilizados dois tipos de equipamentos, nomeadamente os aquecedores instantâneos (Figura 32), em que a água vai sendo aquecida à medida que passa pela fonte de aquecimento, e os aquecedores de acumulação (Figura 33), que possuem uma reserva do volume de água a ser aquecida [58, 59].

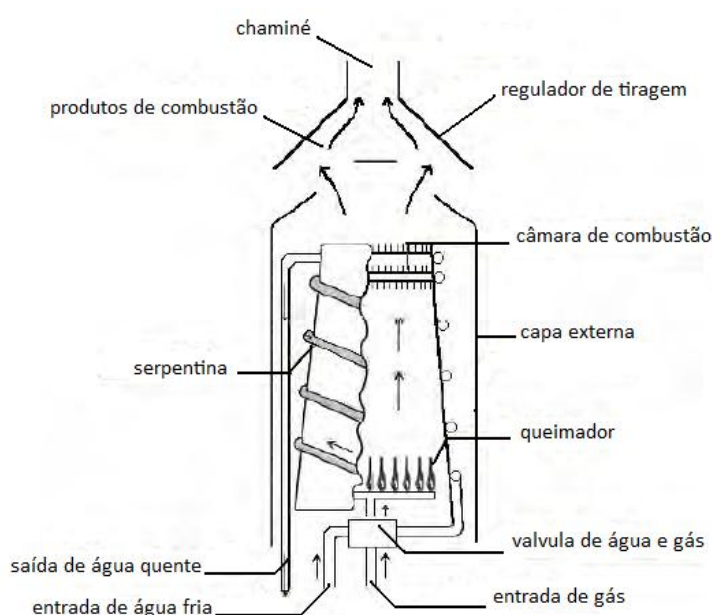


Figura 32. Aquecedor instantâneo a gás [59]

No caso do aquecedor de acumulação a central de aquecimento pode ser constituída por um bloco único ou através de um gerador separado do reservatório.

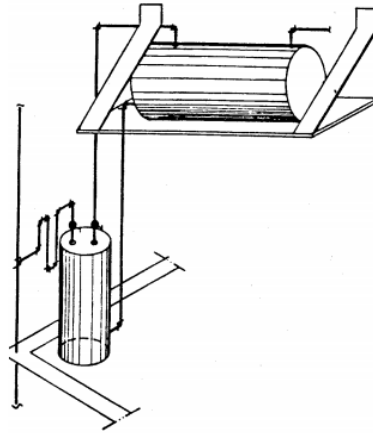


Figura 33. Aquecedor de acumulação com gerador e reservatório separados [59]

A distribuição de água quente neste tipo de sistema é efectuada através de tubagens que conduzem a água desde o equipamento de aquecimento até aos pontos de consumo (Figura 34). Este trajecto realizado pela água quente deve ser o mais curto possível de modo a conservar a temperatura ideal no ponto de consumo.

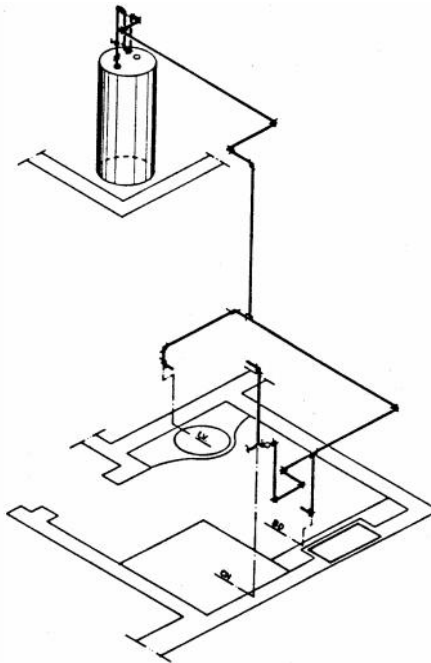


Figura 34. Distribuição de água quente [59]

4.4.2.3. Sistema central colectivo

O sistema central colectivo consiste num equipamento responsável pelo aquecimento de água e uma rede de tubagens que distribuem a água aquecida a um conjunto de dispositivos pertencentes a mais de uma habitação, por exemplo, um edifício. As fontes de energia utilizadas neste tipo de sistema são o gás, a electricidade, o gasóleo e a lenha. Sendo que o sistema abastece várias habitações, isto implica um armazenamento do volume de água a ser aquecido, utilizando para este efeito o uso de uma caldeira (Figura 35). Este tipo de equipamento pode incorporar o aquecimento de água por gás natural ou por energia eléctrica, podendo alternar de fonte de energia se necessário [59].

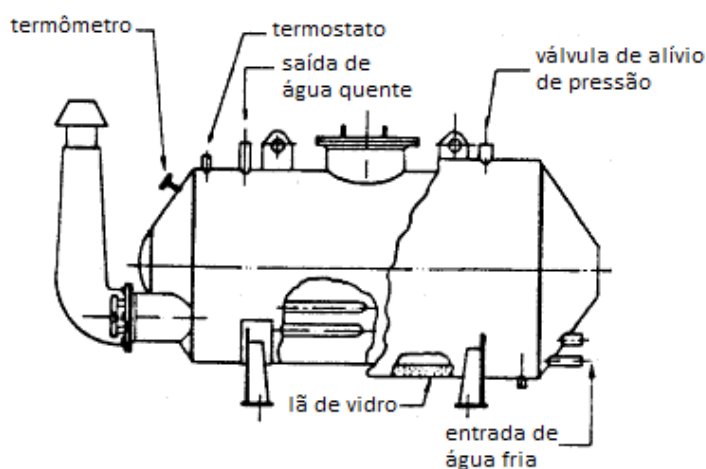


Figura 35. Esquema de uma caldeira a gás [59]

O gerador e o reservatório podem colocar-se juntamente ou não, dependendo da flexibilidade para adequação dos ambientes, uma vez que se trata de equipamentos de grande porte. Na maioria dos casos a central de aquecimento é instalada na parte inferior do edifício, sendo que o gerador se situa na parte inferior e o reservatório na parte superior. O abastecimento de água fria para a caldeira é realizado por uma coluna exclusiva, uma vez que a vazão requerida é muito elevada.

De forma a obter-se uma maior eficiência da caldeira, esta deve ser regulada de forma a produzir água à temperatura desejada. Isto não permite que ocorra o sobreaquecimento da caldeira e o aumento do consumo de energia e também a necessidade de compensação com água fria.

A água quente proveniente deste sistema pode ser distribuída recorrendo a processos ascendentes, descendentes e mistos. Na distribuição descendente, o

fornecimento das condutas é efectuado a partir de uma tubagem situada superiormente a estas, que abastecem os pontos de utilização (Figura 36).

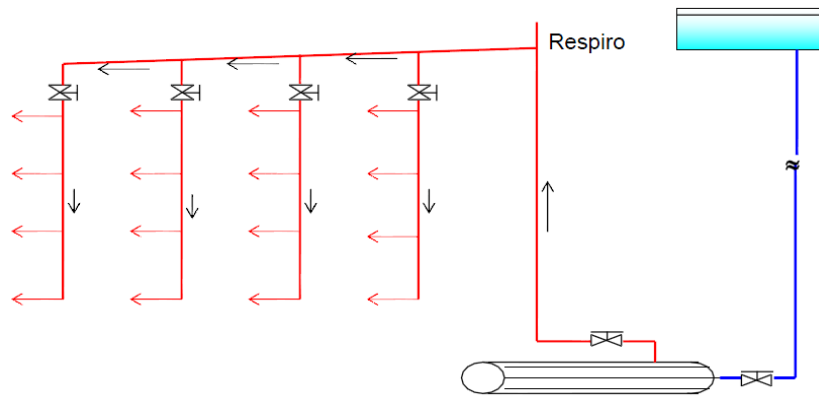


Figura 36. Sistema central colectivo de distribuição descendente [59]

Na distribuição ascendente, a alimentação das colunas é efectuada através de uma tubagem inferior, como se verifica na seguinte figura (Figura 37).

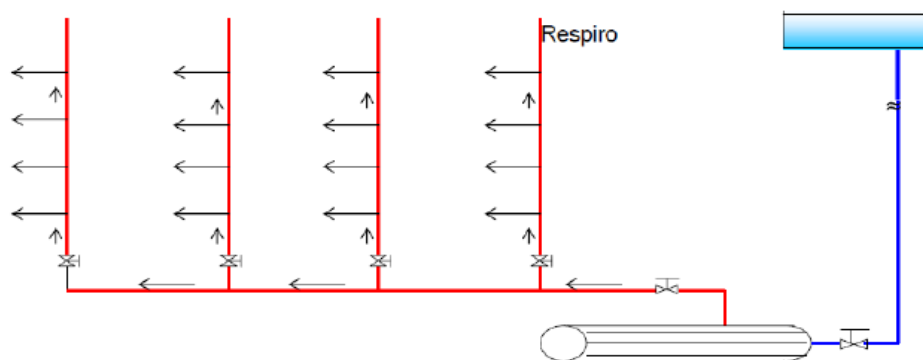


Figura 37. Sistema central colectivo de distribuição ascendente [59]

Na distribuição do tipo misto, ocorre a combinação da distribuição ascendente e descendente na mesma (Figura 38).

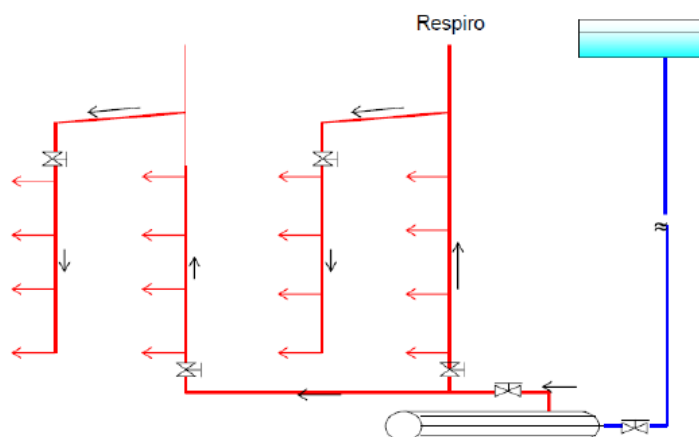


Figura 38. Sistema central colectivo de distribuição misto [59]

4.4.2.4. Sistema de aquecimento de água com energia solar

Os sistemas de aquecimento de água com energia solar são constituídos por colectores solares, reservatório de armazenamento, fonte auxiliar de energia e uma rede de distribuição de água aquecida.

O colector solar é o dispositivo responsável pela captação da energia solar e pela sua conversão em calor utilizável. Pode ser de dois tipos, colector de concentração e colector plano. O colector de concentração focaliza a energia solar que atinge o reflector parabólico num tubo isolado colocado no ponto focal (Figura 39). Este tubo contém água ou outro fluido que em virtude de estar sujeito a uma concentração de energia numa área tão diminuta, alcança níveis de temperatura muito mais elevados do que os atingidos num colector plano [60].

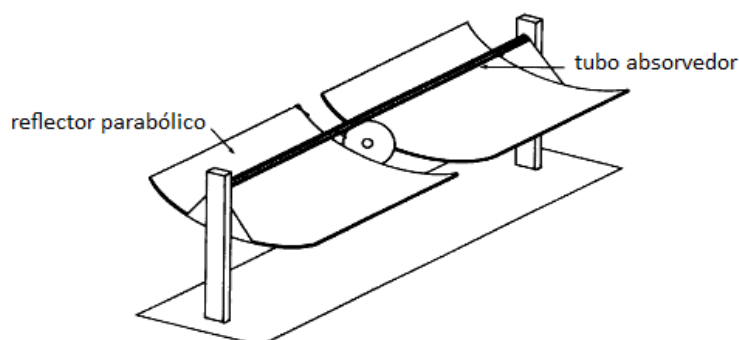


Figura 39. Colector solar de concentração [60]

O colector solar de concentração requer a montagem de um dispositivo motorizado de rastreamento do movimento solar, pois a radiação deve incidir no reflector com um ângulo correcto para ser focalizado no tubo absorvedor. Apesar do aproveitamento da

energia solar aumente com este dispositivo, o seu custo é deveras caro e de difícil manutenção

O colector solar plano é constituído por uma placa absorvedora, canalizações onde circula o fluido a ser aquecido, cobertura transparente e isolamento térmico (Figura 40). A placa absorvedora tem como função converter a energia radiante em calor, transferindo este calor para os tubos existente e daí para o fluído.

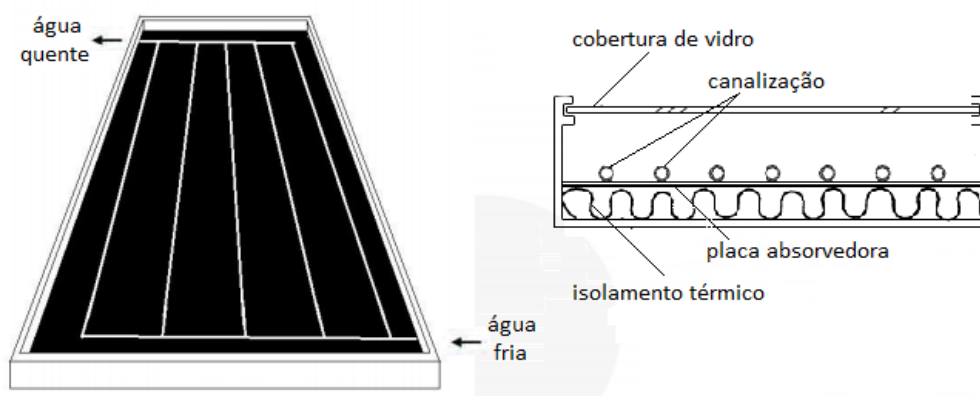


Figura 40. Componentes do colector solar plano

A placa absorvente e os tubos são compostos por materiais de alta condutividade térmica, como o cobre, alumínio e aço. De modo a aumentar a eficiência de absorção da energia solar, a superfície absorvente é pintada com uma cor escura. A superfície escura para além de ser um bom absorvedor é também um excelente irradiador de energia (Figura 40).

A cobertura transparente, normalmente em vidro, reduz substancialmente as perdas de calor, criando um efeito de estufa ao reflectir de volta a radiação para a placa. O isolamento térmico do colector tem como função reduzir ao máximo as perdas de calor, resistindo a temperaturas de 204°C. Os materiais mais utilizados na sua composição são a fibra mineral, fibra cerâmica, espuma de vidro e fibra de vidro [60].

O reservatório de água quente tem como propósito armazenar a água aquecida pelos colectores, pois o período de consumo não coincide com o período de geração de água quente. Em geral é constituído por duas camadas de aço inoxidável com material de baixa condutividade térmica, como a lã de vidro.

O sistema de aquecimento solar de água não é projectado para fornecer 100% das necessidades de água quente numa habitação. É então necessária a existência de um

sistema auxiliar que realiza o aquecimento adicional da água nos períodos em que a energia solar é insuficiente para aquecer a água à temperatura desejada. Este sistema recorre a outras fontes energéticas, como a eléctrica ou gás, utilizando equipamentos auxiliares, como as caldeiras ou os esquentadores.

Os colectores planos são preferencialmente escolhidos no aquecimento de água na habitação, pois apresentam enumeras vantagens em relação aos demais tipos, tais como a simplicidade de construção, baixo custo, a não dificuldade em operar em dias nublados, facilidade de manutenção e durabilidade.

A Figura 41 demonstra o esquema de um típico sistema de aquecimento solar de água.

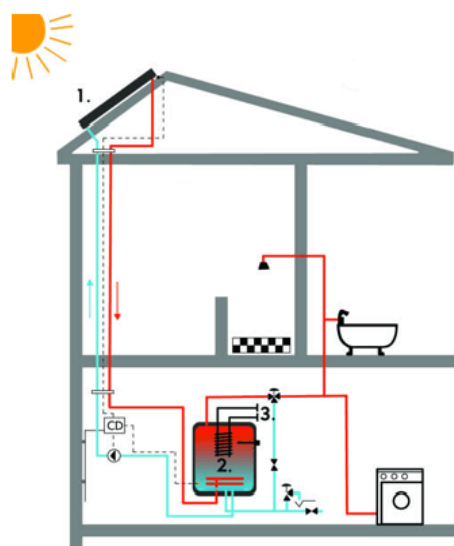


Figura 41. Esquema de um sistema de aquecimento solar de água [8]

4.4.2.5. Sistemas de circulação e retorno de água quente

O uso de sistemas de circulação e retorno de água quente sanitária tem se intensificado nos últimos anos. Este acréscimo deve-se fundamentalmente às novas exigências de eficiência energética implementadas pela diversa legislação, pelo aumento do conforto nas utilizações e também como medida de eficiência hídrica [61].

Os sistemas de circulação e retorno de água quente apresentam custos de instalação e operação mais elevados, porém atingem um nível de conforto superior de água quente, não intervindo na comodidade da água fria.

Este tipo de sistema utiliza uma tubagem de abastecimento de água quente, permitindo a sua circulação por todo os pontos de uso num edificio, com o auxílio de um

equipamento de bombagem, começando e terminando no sistema de aquecimento. Este tipo de sistema permite a disponibilidade imediata de água quente à temperatura ideal em qualquer dispositivo do sistema. Devido à quantidade elevada de tubagens que constituem o sistema, este acarreta um custo elevado de instalação. A sua aplicação é economicamente mais vantajosa em edifícios novos, pois o seu custo de instalação pode ascender até duas ou três vezes mais em edifícios já existentes.

Os sistemas de circulação e retorno de água quente são mais vocacionados para edifícios onde as necessidades de conforto sejam mais elevadas, tais como em hospitais e hotéis. Em edifícios de menores dimensões, o seu uso é ainda colocado em dúvida do ponto de vista energético e económico.

Sistema de retorno tradicional

Os sistemas tradicionais de circulação e retorno de água quente utilizam um sistema de bombagem de baixa potência, permitindo que a água procedente do dispositivo de aquecimento possa circular ao longo da tubagem de distribuição, retornando a água não consumida ao dispositivo. A colocação da bomba no sistema é normalmente a jusante, junto ao dispositivo de aquecimento da água (Figura 42) [61].

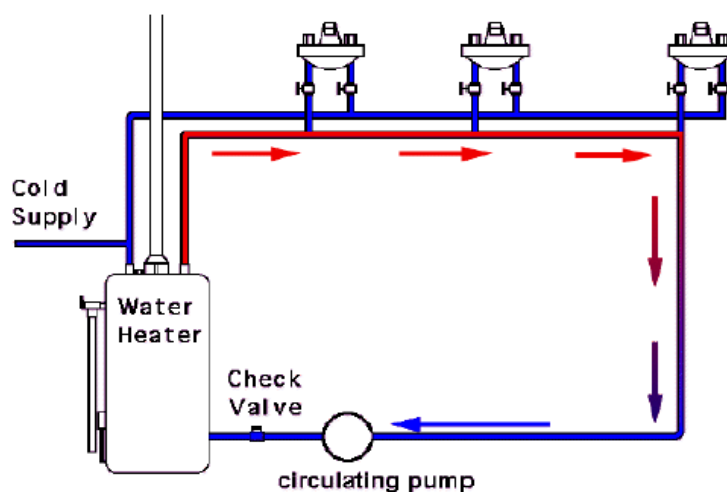


Figura 42. Sistema de retorno tradicional de água quente [61]

Este sistema de AQS permite o abastecimento quase instantâneo de água quente nos pontos de uso final. Contudo, consome uma elevada quantidade de energia, nomeadamente no funcionamento da bomba e na energia térmica perdida na tubagem, mesmo quando isolada. De modo a diminuir este gasto energético, nas bombas procedeu-se à aplicação de

temporizadores nas bombas que permitem que a circulação de água quente no sistema seja interrompida durante as horas sem consumo imediato, nomeadamente à noite. Outra solução consiste na aplicação de um sensor térmico na bomba, desligando esta sempre que a água atinja uma temperatura pré- estabelecida [61].

Sistemas de retorno utilizando a linha de água fria

Nos sistemas de retorno utilizando a linha de água fria a bomba que efectua a recirculação da água quente apenas funciona alguns segundos. Sendo assim a energia de bombeamento deveras reduzida, e as perdas térmicas na circulação minimizadas. Tem ainda o benefício de poder ser utilizado em instalações já existentes, sem retorno, para criar uma circulação de água quente (Figura 43) [61].

Exige uma configuração paralela das redes de água fria e quente, com alimentação dos dispositivos em série, o que nem sempre é possível. Neste sistema a localização da bomba encontra-se junto dos últimos dispositivos, estabelecendo ligação a partir do tubo de água quente para o tubo de água fria [61].

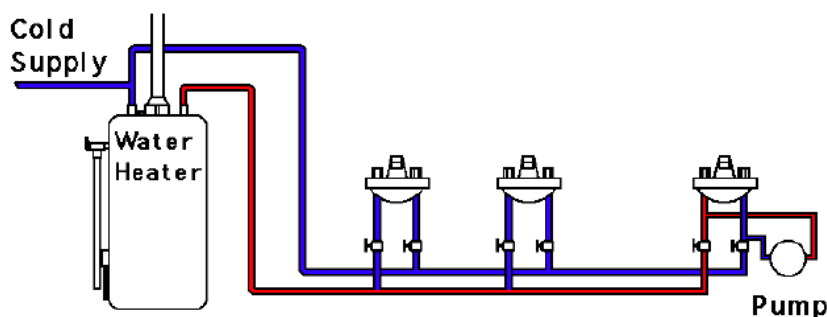


Figura 43. Sistemas de retorno utilizando a linha de água fria [61]

Sistema de retorno com termosifão

O sistema de retorno de água quente com auxílio de termosifão dispensa a utilização de bomba, tendo em conta que ocorre a ascensão da água quente. Neste tipo de sistema, os dispositivos devem-se localizar numa cota superior à central, assim como o sistema de circulação (Figura 44). Assim, a água quente sobe para abastecer os dispositivos, e o fluxo restante volta para a central a uma temperatura inferior [61].

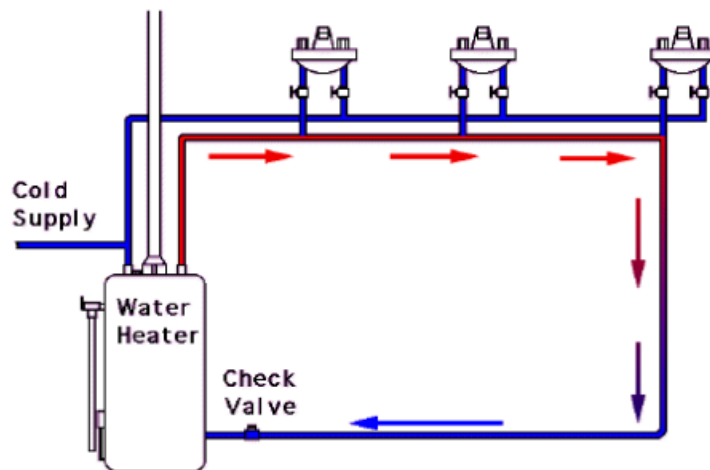


Figura 44. Sistema de retorno com termosifão [61]

Sistema de retorno interno

O sistema de retorno interno de água quente foi recentemente desenvolvido na Alemanha e consiste num tubo duplo que permite o abastecimento de água quente sanitária e o retorno. Este sistema é constituído por uma tubagem adicional no interior do tudo usual, de modo a realizar o retorno da água quente sanitária não utilizada, dispensando assim a existência de uma tubagem única para realização do retorno da água quente [61].

A Figura 45 apresenta um sistema de retorno tradicional e um sistema de retorno interno.

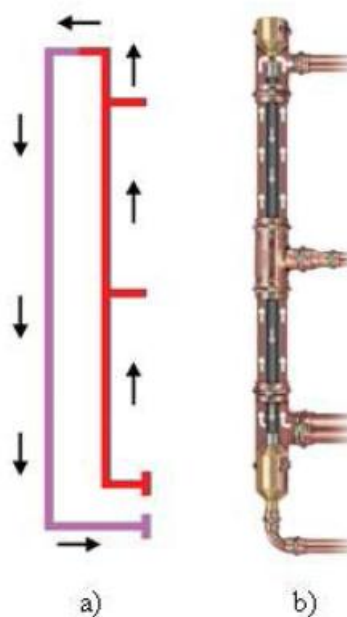


Figura 45. a) Sistema tradicional de retorno e b) sistema de retorno interno [61]

O sistema de retorno interno apresenta limitações, tais como a sua instalação não deve ser realizada em edifícios com mais de seis pisos, as temperaturas máximas de operação devessem ser os 60°C e em termos de pressões máximas, serem os 85 m.c.a [61].

Devido às suas características inovadoras, este sistema apresenta mais benefícios do que os sistemas de retorno habituais, tais como, a eliminação dos núcleos no tubo de retorno e isolamento na tubagem de retorno, requer menor número de acessório e suportes, apresenta uma baixa perda de calor na tubagem de retorno e a sua instalação é mais rápida [61].

A Figura 46 apresenta detalhadamente todos os componentes constituintes do sistema de retorno interno de AQS.

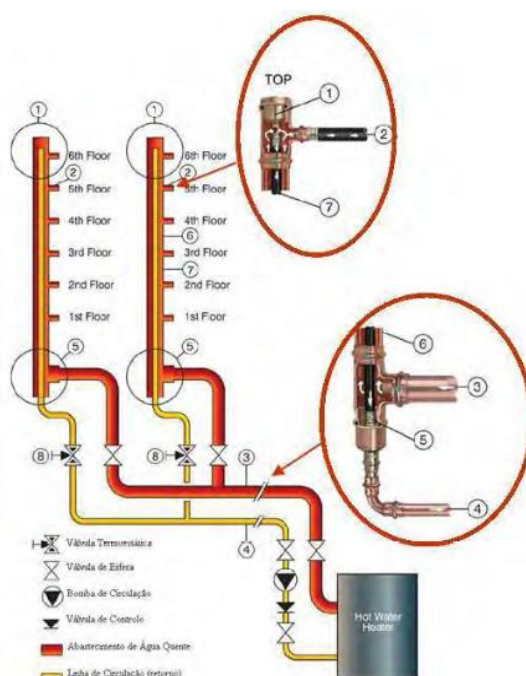


Figura 46. Componente do sistema de retorno: 1 adaptador de topo, 2 saída de distribuição, 3 fornecimento de água quente, 4 retorno de água quente, 5 placa de fundo, 6 tubo de ascensão de água quente, 7 retorno de água quente, 8 válvula termostática [61]

4.5. Emissões de CO₂ provenientes do uso da água

O ciclo urbano da água está intrinsecamente ligado ao consumo de energia, como referido anteriormente. Desde a captação, à distribuição de água, e recolha de águas residuais, a energia assume um papel fundamental na realização destes processos.

Associado a este consumo de energia estão as emissões de GEE para a atmosfera, nomeadamente de CO₂.

Com o crescente desenvolvimento económico das nações e da população mundial, o aumento do consumo de água tornou-se inevitável, reflectindo-se consequentemente no uso de maiores quantidades de energia e de emissões de CO₂. Entre 2 a 3% do consumo total da energia mundial está associado à utilização de água. De forma a contrariar este panorama, alguns países estão a implementar medidas de eficiência hídrica na rede de distribuição de água e nas habitações. Estas medidas vão permitir a redução de até 25% do consumo de energia na maioria dos sistemas de água em todo o mundo, assegurando assim uma redução significativa das emissões de CO₂ associadas ao consumo de água [62].

As emissões de CO₂ provenientes da utilização da água nas habitações são resultantes, na sua grande maioria, do aquecimento de água. Apesar do consumo de água nas habitações se ter mantido constante nos últimos 10 anos, os hábitos de uso da água têm vindo a sofrer alterações. Diversas melhorias a nível da eficiência energética e eficiência no uso da água foram introduzidas nas habitações, contudo, existe uma tendência para as famílias utilizarem a água em maiores intervalos de tempo e em maiores quantidades, nomeadamente no aumento da frequência do uso do chuveiro e aumento do fluxo de água [63].

As principais emissões de CO₂ provenientes do uso de AQS em habitações estão inteiramente relacionadas com o volume de água quente utilizada, porém existem também significativas emissões de CO₂ relacionadas com as perdas de calor, denominadas perdas fixas. Estas podem ocorrer em cilindros para armazenamento de água quente e na tubagem para circulação de água quente. É importante compreender como estas perdas fixas podem contribuir para as emissões de CO₂, relacionadas com o uso de água quente numa habitação, pois estas não podem ser reduzidas consumindo menos água, mas sim aplicando medidas de eficiência energética. O melhoramento do isolamento térmico da tubagem e dos depósitos de armazenamento de água quente são duas das medidas de eficiência energética que se podem aplicar [63].

Um estudo realizado pela Energy Saving Trus, no Reino Unido, a fim de quantificar as emissões de CO₂ associadas à água, demonstrou que 89% das emissões de CO₂ são devidos ao uso de água na habitação, sendo que os restantes 11% estão relacionados com a captação, tratamento e distribuição de água, e tratamento de águas residuais (Figura 47).

Também segundo este estudo, em média por habitação são emitidas 6,2 toneladas de CO₂ por Mega litro - ML de água, sendo equivalente a 2,2kg de CO₂ por dia, numa habitação [63].

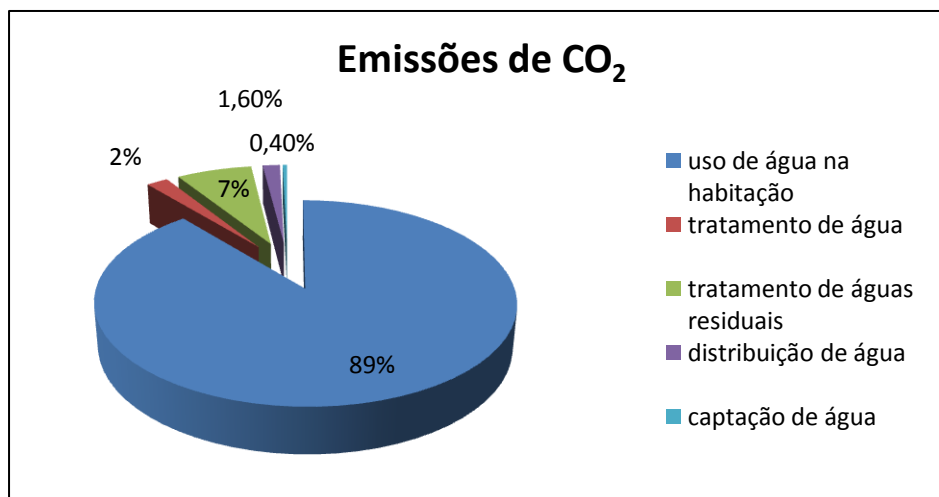


Figura 47. Emissões de CO₂ associadas à água [63]

A Energy Saving Trus estimou também as emissões de CO₂ provenientes do uso da água quente numa habitação utilizando como fonte de energia o gás. Conclui-se então que 77% do total das emissões de CO₂ estão associadas ao uso de água quente para aquecimento da habitação, sendo os restantes 23% resultantes do aquecimento de água para consumo [63].

Apesar das emissões de CO₂ numa habitação estarem na sua grande maioria associadas ao volume de água quente consumido, é necessário ter em conta o tipo de energia utilizada para o aquecimento da água. As diferentes eficiências energéticas do tipo de energias utilizadas apresentam também distintas emissões de CO₂. Isto significa que em habitações com o mesmo consumo de água quente, mas utilizando diferentes energias para o aquecimento, vão apresentar distintos valores de emissões de CO₂ [63].

Na Tabela 8 são apresentados os tipos de energia utilizados no aquecimento de AQS e a correspondente emissão de CO₂ por kWh de energia produzida, tendo em conta o factor de emissão de CO₂ de cada um [64].

Tabela 8. Emissão de CO₂ por tipo de energia

Tipo de energia	Factor de emissão de CO ₂	Emissão de CO ₂ (Kg /kWh)
Electricidade	0,36 Kg CO ₂ /kWh	0,36
Gás Natural	2,17 Kg CO ₂ /m ³	0,21
Gás Butano	2,95 Kg CO ₂ /Kg	0,23
Gás Propano	2,92 Kg CO ₂ /Kg	0,23

O comportamento dos utilizadores de água numa habitação pode variar bastante. Este factor é determinante no consumo de água numa habitação e consequente emissão de CO₂. A alteração de alguns destes comportamentos, tal como a redução do tempo de uso do chuveiro pode significar uma diminuição de 200 Kg de CO₂ por utilizador, num ano [63].

4.6. Cenário actual do sector de abastecimento de água potável em Portugal

Na última década do século XX, Portugal apresentava graves insuficiências nos sistemas de abastecimento de água para consumo público, baixos níveis de atendimento no saneamento de águas residuais e inexistência de sistemas adequados de gestão de resíduos sólidos urbanos. A gestão destes sistemas era efectuada através de um modelo local, pelos Municípios. Apenas a EPAL, responsável pela distribuição domiciliária e abastecimento de água no Município de Lisboa, contrariava este tipo de modelo, fornecendo água a 20 Municípios na área de Lisboa. Com o intuito de corrigir este tipo de modelo de gestão do fornecimento de água em Portugal, em 1993 foi criada a Águas de Portugal - AdP. Este grupo empresarial iria permitir aumentar, de forma sustentável e em quantidade e qualidade, os níveis de atendimento da população portuguesa nos sectores de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais [65].

A AdP tem então como principais directrizes servir a população com sistemas públicos de abastecimento de água e sistemas públicos de saneamento de águas residuais urbanas, e implementar um novo modelo de gestão sustentado de resíduos.

Actualmente a AdP actua em todas as etapas do ciclo urbano da água, incluindo:

- Captação, tratamento, adução e armazenamento de água (sistemas de abastecimento de água em alta);

- Distribuição de água para consumo público (Sistemas de abastecimento de água em baixa);
- Recolha, tratamento e rejeição de águas residuais urbanas e industriais, incluindo reciclagem e reutilização (sistemas de saneamento de águas residuais em alta);
- Valorização energética das lamas de tratamento produzida.

Tendo um papel fulcral na gestão dos resíduos em Portugal, a Adp actua também nas diversas etapas, incluindo:

- Recolha indiferenciada e recolha selectiva de resíduos;
- Triagem de resíduos;
- Valorização e tratamento dos resíduos.

O abastecimento de água e saneamento de águas residuais são realizados por 20 empresas pertencentes à AdP, das quais 2 são empresas multimunicipais de abastecimento de água, 6 são empresas de saneamento de águas residuais e 12 são empresas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais (Tabela 9) [65].

Tabela 9. Empresas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais em Portugal [65]

Empresa	Tipo
Águas da região de Aveiro	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas do Noroeste	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas do Douro e Paiva	Sistema de Abastecimento de Água
Águas do Zêzere e Côa	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas do Mondego	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas do Centro	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas do Oeste	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
EPAL	Sistema de Abastecimento de Água
Águas do Norte Alentejano	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

Empresa	Tipo
Águas do Centro Alentejano	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas Publicas Alentejano	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas de Santo André	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
Águas do Algarve	Sistema de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
SIMDOURO	Sistema de Saneamento de Águas Residuais
SIMRIA	Sistema de Saneamento de Águas Residuais
SIMLIS	Sistema de Saneamento de Águas Residuais
SIMTEJO	Sistema de Saneamento de Águas Residuais
SANEST	Sistema de Saneamento de Águas Residuais
SIMARSUL	Sistema de Saneamento de Águas Residuais

No ano de 2009 a AdP produziu cerca de 641,3 milhões de m³ de água, conseguindo assim fornecer água a 8,2 milhões de portugueses. No mesmo período foram tratadas cerca de 392,8 milhões de m³ de águas residuais [65].

A Tabela 10 demonstra a evolução nos últimos três anos do volume produzido e distribuído de água, e do volume de águas residuais tratadas [65].

Tabela 10. Evolução da produção e distribuição de água, e tratamento de águas residuais [65]

	2007	2008	2009
Volume de água produzido (milhões de m³)	609,8	622,4	641,3
Volume de água distribuída (milhões de m³)	133,8	130,7	112,5
Volume de águas residuais tratadas (milhões de m³)	312,9	357	392,8

4.6.1. Consumo de energia

Para a realização das suas principais actividades a AdP consome directa e indirectamente diversas fontes de energia.

Como principal fonte de energia desta empresa apresenta-se a electricidade maioritariamente usada nos sistemas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais. Tratando-se estas como umas das principais actividades da AdP, os consumos de

electricidade associados são deveras elevados. Os consumos de gasolina, gasóleo e biodiesel estão maioritariamente associados à frota de serviço do grupo AdP. Os consumos de biogás correspondem ao seu aproveitamento para produção de energia nas infra-estruturas do grupo. A utilização de gás natural, o propano e o GPL estão associados ao aquecimento de água nas instalações.

Na Figura 48 são apresentados os consumos de energia directa e indirecta das diversas fontes de energia utilizadas pela AdP em 2009. Pode-se verificar que a electricidade é a fonte de energia mais usada, representando cerca de 48% do consumo total energético da empresa. O Biogás apresenta-se como segunda maior fonte de energia utilizada, com cerca de 36% do total [65].

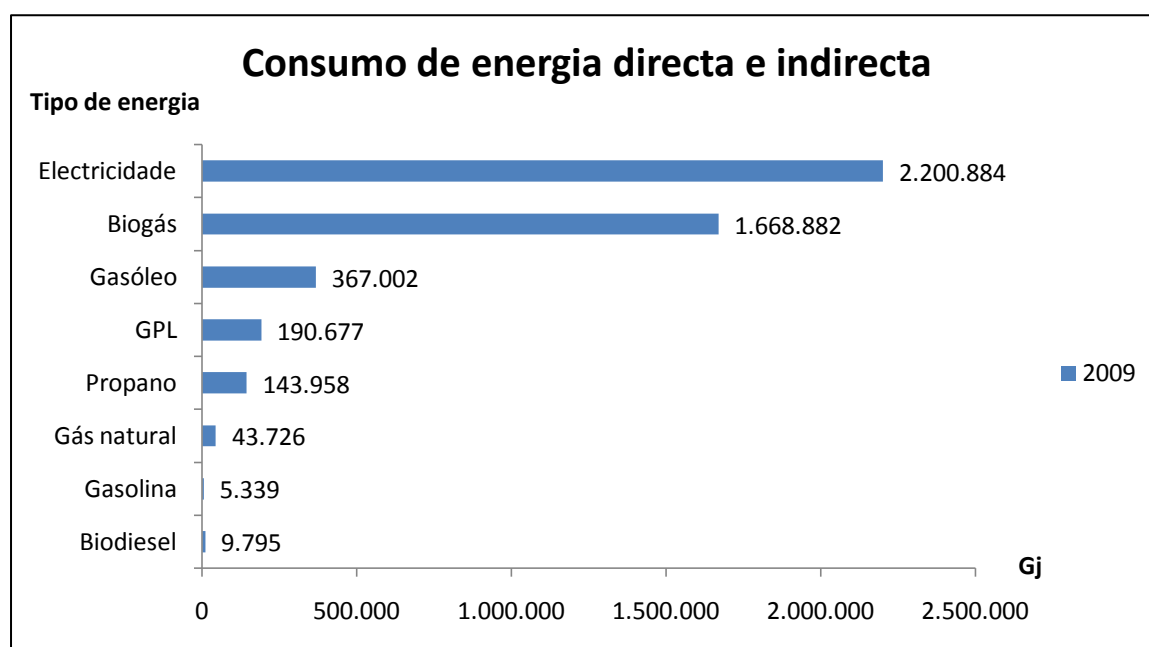


Figura 48. Consumo de energia directa e indirectamente pela AdP [65]

4.6.2. Produção de energia e aproveitamento de fontes de energia renovável

A actividade do grupo AdP tem como principais propósitos a valorização e protecção do meio ambiente e a necessidade de optimização da gestão dos recursos disponibilizados. É nesse sentido que a AdP aproveitou os subprodutos resultantes dos processos de tratamento de águas residuais e dos processos de tratamento de resíduos para promover uma optimização dos consumos energéticos. Neste contexto foi desenvolvida a produção de energia eléctrica através de processos de cogeração e incineração. Outra forma de promover

a sustentabilidade energética do grupo, foi o aproveitamento do biogás resultantes de aterros sanitários e instalações de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos ou lamas de águas residuais. O biogás produzido é posteriormente armazenado em gasómetros, sendo consumido por motogeradores para produção de energia eléctrica, que é injectada na rede pública da EDP. Numa menor escala os óleos alimentares recolhidos pela AdP são utilizados na produção de biodiesel.

Em 2009, o aproveitamento energético do biogás correspondeu a uma produção de 70.844 MWh de electricidade. Contudo, a maior parcela de energia produzida pela AdP tem como origem os processos de cogeração e incineração, que em 2009 atingiu o valor de 34.3416 MWh de electricidade [65].

Adoptando uma politica de valorização energética dos edifícios do grupo, a AdP tem vindo a investir de forma crescente no aproveitamento de fontes de energia renovável. Maximizando assim o potencial energéticos dos edifícios através, do desenvolvimento de projectos nas áreas da energia solar térmica, energia fotovoltaica, energia eólica e instalação de mini e micro-hídricas.

O grupo AdP tem apostado nomeadamente nas áreas da energia solar fotovoltaica e térmica, contabilizando em 2009 cerca de 116 sistemas solares fotovoltaicos e 113 térmicos. No mesmo ano foram adjudicados cerca de uma centena e meia de instalações de micro-produção de energia fotovoltaica localizadas em cerca de 10 sistemas multimunicipais de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de tratamento de residuais. O aproveitamento hidroeléctrico, através da instalação de mini-hídricas poderá ser efectuado através da instalação de turbinas ou bombas em diversos pontos dos processos das empresas de águas, sobretudo em captações de água, descargas de caudal ecológico, condutas de adução de água, sistemas de drenagem e descarga de águas residuais, e aproveitamento de caudais com carácter permanente [65].

4.6.3. Emissões de GEE

Um dos pontos fundamentais na estratégia de combate às alterações climáticas do grupo AdP é a redução das emissões de GEE resultantes dos consumos de energia. A aposta na área das energias renováveis por parte do grupo, nomeadamente na produção de

energias alternativas a partir de subprodutos e na valorização energética das suas instalações, têm revelado um grande potencial para alcançar este objectivo.

Em 2009, as actividades de abastecimento de água e saneamento de águas residuais foram responsáveis por 85% das emissões totais de GEE do grupo AdP, seguindo-se a actividade de gestão de resíduos com 14% e as actividades instrumentais com cerca de 1% [65].

Para além da aposta na área das energias renováveis, o grupo AdP tem criado um conjunto de outras iniciativas para a redução das emissões de GEE, nomeadamente:

- Maximização de percursos e racionalização das deslocações em trabalho;
- Controlo dos consumos de gasóleo da frota;
- Substituição progressiva da frota automóvel por viaturas mais eficientes;
- Queima de biogás, quando o mesmo não pode ser valorizado energeticamente;
- Aquisição de equipamentos de baixo consumo, desde lâmpadas fluorescentes em detrimento das lâmpadas incandescentes, electrodomésticos classificados com melhor nível de eficiência e instalação de bateria de condensadores para compensação de energia reactiva;
- Instalação de sensores de presença;
- Florestação de áreas disponibilizadas pelos municípios accionistas, visando o sequestro das suas emissões de CO₂.

A empresa Águas do Centro Alentejano, inserida no grupo AdP, apresenta-se como um dos exemplos a seguir na procura de um desenvolvimento sustentável. Prevê a instalação de 75 sistemas solares fotovoltaicos nas suas infra-estruturas até ao final de 2011, conseguindo produzir cerca de 460 mil kWh de energia por ano, reduzindo assim as emissões de CO₂ para a atmosfera em aproximadamente 234 t CO₂/ano [65].

5. MEDIDAS PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA

5.1. Considerações iniciais

Com a crescente escassez de água potável para abastecimento das populações, em particular em épocas de seca, torna-se essencial encontrar metodologias para conservar a água e usa-la eficientemente. Tradicionalmente a gestão dos recursos hídricos tem-se focado no desenvolvimento de novas instalações de abastecimento e tratamento da água, dando pouca importância à forma como a água é usada. No entanto, os hábitos populacionais de desperdício contínuo de água podem esgotar as suas reservas mais rápido do que será possível substituí-las. Assim, o desenvolvimento de medidas de conservação e uso eficiente da água podem alterar este tipo de comportamentos, contribuindo não só para a redução do consumo de água mas também, para uma redução do consumo energético, das emissões de GEE e do custo operacional da água [66].

Por conseguinte, tendo como pilar fundamental a redução do consumo de água, o desafio do desenvolvimento das medidas para o uso eficiente da água englobam também os seguintes propósitos ambientais e económicos [67]:

- Garantir a melhoria da qualidade da água e a sua dependência dos recursos naturais
- Proteger e restaurar a integridade hidrológica e do ecossistema
- Manter a quantidade de águas superficiais e subterrâneas
- Certificar o uso sustentável da água
- Promover o uso eficiente da água e diminuir os seus desperdícios
- Reduzir o gasto energético com a água
- Reduzir as emissões de GEE relacionadas indirectamente com o consumo de água
- Reduzir o custo operacional da água

Ao considerar-se as medidas de uso eficiente da água no presente, estar-se-á a contribuir para preservar o seu abastecimento no futuro.

5.2. Ao nível da habitação

A aplicação de medidas de eficiência hídrica ao nível da habitação pode contribuir de forma significativa para uma redução dos consumos domésticos de água. Com objectivos específicos, estas medidas focam-se essencialmente na promoção do uso adequado da água pelos utilizadores, na promoção generalizada do uso de dispositivos e equipamentos eficientes e na redução de perdas e desperdícios da água.

Em Portugal, os consumos de referência numa habitação considerando um uso moderado da água, sem desperdícios significativos, e recorrendo a tecnologia eficiente em termos de uso de água, atribui a maior percentagem de consumo de água, às torneiras e ao duche, e a menor à máquina de lavar roupa (Figura 49). Na elaboração destes consumos de referência não foram contabilizados os consumos para uso exterior na habitação, nem as perdas de água [2].

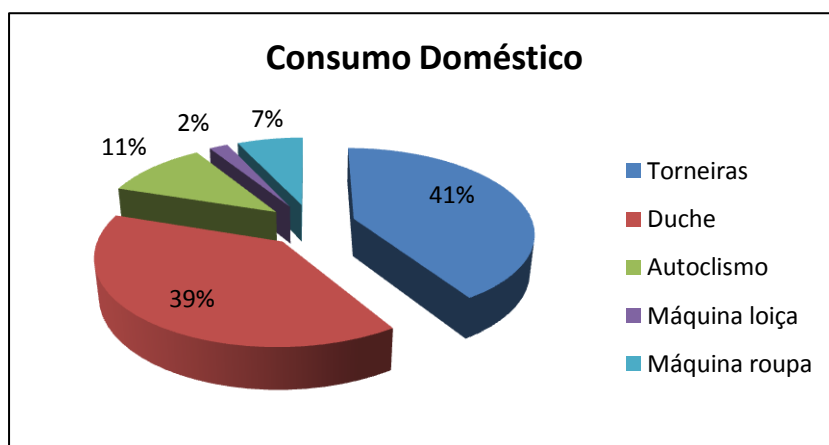


Figura 49. Consumos domésticos de referência em Portugal [2]

Em países como os EUA, o impacto ambiental do sector residencial no consumo de água é já significativo. Existindo mais de 120 milhões de habitações neste país, e cerca de 1,5 milhões de novas casas em cada ano, estima-se que por dia, uma pessoa consome 263 litros de água. Considera-se também que em média numa habitação dos EUA, 70% da água para uso doméstico é utilizada dentro de casa e 30% utilizada ao ar livre, sendo que estas percentagens podem facilmente ser alteradas, dependendo dos meses de Verão ou Inverno. A Tabela 3 apresenta os dados de consumo médio de água por pessoa no interior de uma habitação [68].

Tabela 11. Consumo médio de água por pessoa numa habitação nos EUA [68]

Tipo de uso	Uso diário l/pessoa	Percentagem do uso total - %
Autoclismo	74	28,1
Máquina roupa	57	21,6
Chuveiro	48	18,3
Torneira	41	15,6
Máquina loiça	7	2,7
Fugas	36	13,7
Total	263	100

5.2.1. Torneiras

As torneiras são o dispositivo de consumo de água mais comum numa habitação, existindo no mínimo três a cinco torneiras distribuídas pela cozinha e casas de banho. Sendo a sua frequência de uso elevada e com grande variação temporal e espacial, os factores que influenciam o seu consumo são, o caudal, a duração da utilização e o número de utilizações por dia do agregado familiar[2].

Deste modo, com o intuito de reduzir o consumo de água numa habitação, uma das medidas proposta pelo PNUEA tem como objectivo promover a alteração dos comportamentos populacionais na utilização das torneiras. Foi então elaborado uma lista de sugestões para redução do consumo de água neste tipo de usos, que incluem [2]:

- Minimização da utilização de água corrente para lavar ou descongelar alimentos (com utilização alternativa de alguidar), para lavagem de louça e roupa (com alguidar), para escovar os dentes (com uso de copo ou fechando a torneira durante a escovagem), para fazer a barba (com água no lavatório ou com utilização alternativa de máquina eléctrica) ou para lavar as mãos;
- Verificação do fecho correcto das torneiras após o uso, não as deixando a correr ou a pingar;
- Utilização da menor quantidade de água possível para cozinhar alimentos, usando alternativamente vapor, microondas ou panela de pressão (poupando água, vitaminas e melhorando o sabor);
- Utilização de alguma água de lavagens, enxaguamento de roupa ou louça ou de duchas (com pouco detergente) para outros usos, como sendo lavagens

na casa e, por períodos limitados, em rega de plantas (também para encher autoclismos, desligando previamente as torneiras);

- Utilização da água de cozer vegetais para confeccionar sopas ou para cozer outros vegetais (no frigorífico dura vários dias).

Este conjunto de directrizes apresenta como vantagens, não só a redução do consumo de água mas também, a redução das descargas de águas residuais e a diminuição do gasto energético associado ao consumo de água quente.

Admitindo que o utilizador diminui a duração da torneira aberta, esta medida pode representar um potencial de poupança na ordem dos 50%. Do ponto de vista económico, e embora tenha sido apenas quantificado a duração da água corrente da torneira, estima-se que numa casa tipo, esta medida pode representar uma diminuição na facturação de água, águas residuais e energia de 90 € por fogo por ano [2].

Outra medida para promover o uso eficiente da água nas torneiras é a substituição, ou adaptações destas, por dispositivos mais eficientes e com menor caudal. Esta medida apresenta como vantagens, tal como na primeira, além da redução do consumo de água, a redução das descargas de água residuais e a diminuição no consumo energético associado à utilização da água quente.

Em relação ao seu potencial de poupança, admitindo que uma torneira convencional de caudal médio de 6 litros por minuto é substituída por uma de 3 litros por minuto, é possível obter uma diminuição de 19 m³/ano por fogo, correspondendo a um potencial de poupança de 50%. Do ponto de vista económico, admitindo que o preço médio de uma torneira de uso eficiente da água é de 75€, e que o potencial de poupança da sua aplicação pode reduzir a facturação da água, águas residuais e energia em 90€ por fogo por ano, ou seja o seu investimento seria recuperado em 10 meses [2].

A ANQIP, pioneira na certificação da Eficiência Hídrica de Produtos em Portugal, estabeleceu critérios para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica a torneiras conforme o seu caudal de água. Nesta atribuição, as torneiras com maior eficiência no uso da água correspondem à letra A, e as de menor eficiência, à letra E. As categorias A+ e A++ correspondem a torneiras que contêm arejador [69].

Tabela 12. Condições de atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório [69]

Caudal (Q) l/min	Torneiras de lavatório	Torneiras de lavatório com eco- stop ou arejador	Torneiras de lavatório com eco- stop e arejador
$Q \leq 2,0$	A+	A++	A++
$2,0 < Q \leq 4,0$	A	A+	A++
$4,0 < Q \leq 6,0$	B	A	A+
$6,0 < Q \leq 9,0$	C	B	A
$9,0 < Q \leq 12,0$	D	C	B
$12,0 < Q$	E	D	C

Tabela 13. Condições de atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha [69]

Caudal (Q) l/min	Torneiras de cozinha	Torneiras de cozinha com eco-stop ou arejador	Torneiras de cozinha com eco-stop e arejador
$Q \leq 4,0$	A+	A++	A++
$4,0 < Q \leq 6,0$	A	A+	A++
$6,0 < Q \leq 9,0$	B	A	A+
$9,0 < Q \leq 12,0$	C	B	A
$12,0 < Q \leq 15,0$	D	C	B
$15,0 < Q$	E	D	C

5.2.2. Autoclismos

O uso do autoclismo na habitação representa um dos maiores consumos de água no uso doméstico. Em Portugal, cerca de 96% das habitações têm bacia de retrete, sendo que existe um número significativo de habitações com mais de uma instalação sanitária. Isto significa que o consumo de água associado a perdas e desperdícios será mais elevado. O consumo médio diário numa habitação em Portugal é de cerca de 124 litros, tendo em conta uma dimensão média do agregado de 3,1 pessoas por habitação. O uso do autoclismo representa aproximadamente 40% do consumo total de água numa habitação e resulta num consumo médio anual de $230 \times 10^6 m^3$ de água [2].

O uso eficiente destes dispositivos numa habitação, pode implicar uma significativa redução no consumo de água. O inadequado uso do autoclismo, como sejam as descargas de

resíduos sólidos na bacia de retrete e fugas, podem representar cerca de 5 a 50% do consumo de água numa habitação [2].

A utilização de autoclismos com um volume menor pode também representar uma elevada redução no consumo de água numa habitação. O tradicional autoclismo tem uma capacidade que pode variar entre 7 a 15 litros por descarga. A utilização de um autoclismo com uma descarga de 6 litros tem-se revelado uma melhor e mais eficiente opção em diversos países, sendo que a sua utilização pode representar uma diminuição de 20 a 50% do consumo de água. Para além deste tipo de autoclismo eficiente, actualmente existe também um autoclismo de descarga mínima de 3 litros. Este equipamento funciona em perfeita harmonia com bacias de retrete fabricadas para maximizar a limpeza e arraste com esses volumes de água. Este autoclismo possui uma descarga de maior volume adequado para usos em que esteja presente matéria fecal, e por uma descarga de menor volume para os restantes usos. Verificando-se que em média 30% das descargas são devidas à presença de matéria fecal, a poupança nos restantes 70% de descargas será deveras significativa [2].

Com o intuito da obtenção de uma maior eficiência no uso do autoclismo e com o objectivo de sensibilizar a população para a sua utilização, o PNUEA elaborou o seguinte conjunto de medidas [2]:

- Ajuste do autoclismo para o volume de descarga mínimo;
- Uso de descarga de menor volume, ou interrupção da descarga para usos que não necessitem de descarga total;
- Colocação de lixo em balde apropriado, evitando deitar lixo na bacia de retrete;
- Redução do volume de armazenamento (colocando garrafas, etc.), evitando no entanto usar objectos que se deterioreem ou que impeçam o bom funcionamento dos mecanismos;
- Não efectuar descargas desnecessárias do autoclismo.

A utilização deste conjunto de medidas pode representar uma poupança até 10m³/ano/fogo, cerca de 48.000.000 m³/ano em Portugal, constituindo uma eficiência potencial de 37% [2].

A ANQIP com o objectivo de classificar os autoclismos consoante a sua eficiência no uso da água, dependendo do seu tipo de descarga e volume, estabeleceu um conjunto de

critérios para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica. O rótulo de letra A corresponde a um autoclismo com maior eficiência e a letra E a um de menor. As classificações A+ e A++ correspondem a autoclismos com volume nominal de 4 litros, sendo que estes só podem ser utilizados em situações em que a bacia de retrete e o dimensionamento da rede forem adequados a estes volumes de descarga (Tabela 14).

Tabela 14. Condições para a atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos [70]

Volume Nominal	Tipo de descarga	Categoria de Eficiência Hídrica	Tolerância (Volume máximo descarga completa)	Tolerância (Volume mínimo de descarga para poupança de água)
4,0	Dupla Descarga	A++	4,0-4,5	2,0-3,0
5,0	Dupla Descarga	A+	4,5-5,5	3,0-4,0
6,0	Dupla Descarga	A	6,0-6,5	3,0-4,0
7,0	Dupla Descarga	B	7,0-7,5	3,0-4,0
9,0	Dupla Descarga	C	8,5-9,0	3,0-4,5
4,0	C/ interrup. de desc.	A+	4,0-4,5	-
5,0	C/ interrup. de desc.	A	4,5-5,5	-
6,0	C/ interrup. de desc.	B	6,0-6,5	-
7,0	C/ interrup. de desc.	C	7,0-7,5	-
9,0	C/ interrup. de desc.	D	8,5-9,0	-
4,0	Completa	A	4,0-4,5	-
5,0	Completa	B	4,5-5,5	-
6,0	Completa	C	6,0-6,5	-
7,0	Completa	D	7,0-7,5	-
9,0	Completa	E	8,5-9,0	-

5.2.3. Chuveiros

Em Portugal a maioria das habitações possuem um chuveiro e uma banheira. O uso deste tipo de equipamento é bastante comum representando cerca de 39% do consumo

médio diário de água. Os factores que mais influenciam o consumo de água associado ao chuveiro são a duração da sua utilização, o seu caudal e o número de vezes que é utilizado por dia pelo agregado familiar [2].

O caudal do chuveiro está dependente da pressão da água à chegada ao dispositivo e do equipamento utilizado para aquecer a água. Os modelos de esquentador mais comuns têm caudais de 10 a 11 litros sendo que na utilização de um chuveiro de baixo consumo é necessário verificar a sua compatibilidade com o sistema de aquecimento de água, pois este deve funcionar mesmo para caudais inferiores, de modo a não afectar o desempenho do sistema e conforto do utilizador. O número e duração dos duches estão relacionados inteiramente com o tipo de comportamento do utilizador, sendo este bastante variável [2].

De modo a alcançar uma maior eficiência hídrica no uso do chuveiro por parte da população, o PNUEA elaborou o seguinte conjunto de medidas [2]:

- Utilização preferencial do duche em alternativa ao banho de imersão;
- Utilização de duches curtos, com um período de água corrente não superior a 5 minutos;
- Fecho da água do duche durante o período de ensaboamento;
- Em caso de opção pelo banho, utilização de apenas 1/3 do nível máximo da banheira

Estas medidas para além de reduzirem o consumo de água, têm influência directa na redução do volume de águas residuais e no consumo de energia.

O potencial de redução no consumo da água alcançado através da aplicação destas medidas pode ser deveras significativo. Considerando que em média um utilizador demora 10 minutos no duche, e ao fechar a água durante o período de ensaboamento a duração de água corrente é reduzida para 5 minutos, vai permitir a poupança de 40m³/ano/fogo ou 192.000.000 m³/ano em Portugal, correspondendo a uma eficiência potencial de 50% [2].

A substituição ou adaptação do chuveiro é outra medida que pode ser utilizada para redução do consumo de água. Esta medida consiste na substituição do chuveiro convencional, por um modelo com menor caudal ou na adaptação do chuveiro convencional através da instalação de um arejador, redutor de pressão ou válvula de seccionamento.

Um dos exemplos é a aplicação de uma torneira misturadora termostática que permite reduzir o consumo por utilização, já que possibilita a eliminação do tempo de regulação da temperatura da água, eliminando assim o desperdício de água neste processo.

A ANQIP com o intuito de atribuir uma rotulagem de eficiência hídrica a chuveiros e sistemas de duche elaborou um conjunto de critérios para este tipo de equipamentos. O rótulo de letra A é atribuído ao equipamento com maior eficiência no uso da água, sendo que o de letra E é atribuído ao de menor eficiência. Os rótulos de letra A e A+ são aplicáveis a chuveiros com caudal igual ou inferior a 7,2 l/min e deverão ter associado a indicação “Recomendável a utilização com torneiras termostáticas” (Tabela 15) [71].

Tabela 15. Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a chuveiro e sistemas de duche [71]

Caudal (Q) (l/min)	Chuveiro	Sistemas de Duche	Sistemas de Duche com torneira termoestática ou eco-stop	Sistemas de Duche com torneira termoestática e eco-stop
$Q \leq 5$	A+	A+	A++	A++
$5 \leq Q \leq 7,2$	A	A	A+	A+
$7,2 \leq Q \leq 9,0$	B	B	A	A
$9,0 \leq Q \leq 15,0$	C	C	B	B
$15,0 \leq Q \leq 30,0$	D	D	C	C
$30,0 < Q$	E	E	D	D

5.2.4. Máquina de lavar roupa

As máquinas de lavar roupa são actualmente equipamentos utilizados na maioria das habitações, cerca de 80% em Portugal. Os modelos de máquinas de lavar utilizadas apresentam consumos de água muito variáveis, entre 35 e 220 litros por lavagem, apresentando um valor médio de 90 litros por lavagem. A sua utilização pode representar até 15% do consumo total de água numa habitação. Tendo em conta este factor, é necessária a utilização mais eficiente da máquina de lavar roupa em termos de consumo de água, através da utilização de modelos com menor consumo ou alterando os procedimentos do utilizador [2].

Com o objectivo de obter um eficiente consumo de água no uso da máquina de lavar roupa, o PNUA elaborou um conjunto de medidas para o utilizador, que incluem [2]:

- Consulta das instruções do equipamento, particularmente no que se refere às recomendações relativas aos consumos de água, energia e detergente;

- Utilização da máquina apenas com carga completa;
- Não utilização de programas com ciclos desnecessários;
- Selecção dos programas conducentes a menor consumo de água;
- Regulação da máquina para a carga a utilizar a para o nível de água mínimo;
- Não proceder à lavagem de roupa que ainda não necessite de tal.

A aplicação destas medidas pode atingir um potencial de poupança elevado tais como, o aumento para a carga média de 80% para 95%, pode corresponder a uma eficiência potencial de 16% [2].

A substituição da máquina de lavar roupa por modelos mais eficientes é outra das medidas para alcaçar a redução do consumo de água. A sua substituição por um equipamento mais eficiente do ponto de vista hídrico e energético resulta não só na diminuição do consumo de água, mas também na diminuição do volume de águas residuais e redução no consumo de energia. Esta medida pode representar uma diminuição em cerca de 18% do consumo de água na máquina de lavar roupa [2].

5.2.5. Máquina de lavar louça

O uso de máquinas de lavar louça nas habitações em Portugal é ainda pouco comum, sendo que só pouco mais de 16% das habitações possuem uma. Porém, devido ao aumento da qualidade de vida das populações prevê-se que o seu uso aumente. A máquina de lavar louça pode apresentar consumos de água entre 12 a 36 litros por lavagem, admitindo um valor médio de 22 litros por lavagem. Esta pode representar até 4% do consumo total de água numa habitação [2].

A utilização eficiente da máquina de lavar roupa pode significar uma redução no consumo de água, que pode ser conseguida através da utilização de modelos com menor consumo, ou da adequação dos procedimentos do utilizador no seu funcionamento.

De modo a minimizar o consumo de água na máquina de lavar louça, o PNUEA elaborou um conjunto de medidas para a correcta utilização do equipamento, tais como [2]:

- Cumprimento das instruções do equipamento, particularmente no que se refere às recomendações relativas aos consumos de água, energia e aditivos;
- Utilização da capacidade total de carga sempre que possível;
- Minimização do enxaguamento da louça sempre que possível;

- Não utilização de programas com ciclos desnecessários;
- Selecção de programas conducentes a menor consumo de água;
- Regulação da máquina para a carga a utilizar e para o mínimo nível de água;
- Lavagem de louça na máquina em vez de a lavar à mão;
- Limpeza regular dos filtros e remoção de depósitos.

A adopção destas medidas pode significar uma redução de cerca de 50% no consumo de água associado ao uso da máquina de lavar louça [2].

A substituição da máquina de lavar loiça convencional por modelos mais eficientes é outra medida para alcançar uma redução do consumo de água. A sua substituição por um equipamento mais eficiente no uso da água e energia pode não só representar uma diminuição no consumo de água, mas também uma redução do volume de águas residuais e consumo de energia. Esta medida pode representar uma diminuição em cerca de 18% do consumo de água na máquina de lavar loiça [2].

5.2.6. Aproveitamento das águas pluviais

O aproveitamento da água da chuva para uso na habitação pode representar um potencial de poupança no consumo de água significativo.

O aproveitamento das águas pluviais para consumo doméstico remonta ao império romano, onde vilas e até cidades eram projectadas de forma a aproveitar a água da chuva como a sua principal fonte de água potável. Em África, as primeiras evidências do uso desta tecnologia vêm do Egipto, onde há mais de 2 000 anos são utilizados reservatórios com volumes de 200 a 2 000m³ para armazenamento de águas pluviais. Na Ásia, esta tecnologia é também já utilizada há diversos séculos através do armazenamento da água da chuva dos beirais de telhados em recipientes de pequeno volume, tais como panelas. Este tipo de método é ainda actualmente utilizado em zonas rurais de África e Ásia. No século VI, na Turquia, foi construído um dos maiores reservatórios de águas pluviais do mundo, o Yerebatan Saray. Este apresenta uma capacidade de 80 000 m³ de água e tinha como função abastecer a cidade de Istambul [72].

Actualmente, existem sistemas de aproveitamento de águas pluviais que podem ser instaladas em edifícios novos ou já existentes. Os usos onde se considera mais viável a utilização de águas pluviais são em autoclismos, na rega de jardins, em lavagem de veículos e

pavimentos. Em algumas destas utilizações a economia de água potável pode alcançar os 50% do consumo total [72].

O sistema de aproveitamento de águas pluviais numa habitação (Figura 50) é essencialmente constituído por três elementos: o sistema de recolha, o sistema de transporte e o sistema de armazenamento. O sistema utiliza como superfície de recolha de água a cobertura da habitação e posteriormente as caleiras. O volume de água captado não só depende da frequência e intensidade da chuva mas também da dimensão da superfície de recolha. A água é então posteriormente canalizada através de tubos de queda e filtrada. Este tipo de filtragem inicial tem como propósito o desvio das primeiras águas (first flush) que podem conter algum tipo de sujidade proveniente da cobertura da habitação, tais como folhas de árvores. O volume de água a ser desviado depende de factores como, o tipo de utilização final da água, dimensões da cobertura, proximidade da cobertura a estradas e árvores, qualidade do material de cobertura e presença de aves, insectos e pequenos animais. Em seguida a água é conduzida até ao interior do reservatório. Este pode localizar-se no interior ou no exterior da habitação, dependendo do seu volume e tipo de utilização. Consoante o seu tipo de utilização final, o consumo da água pode ser realizado através de uma torneira ou mediante a utilização de um equipamento de bombagem, a água pode ser encaminhada até aos pontos de uso [73].

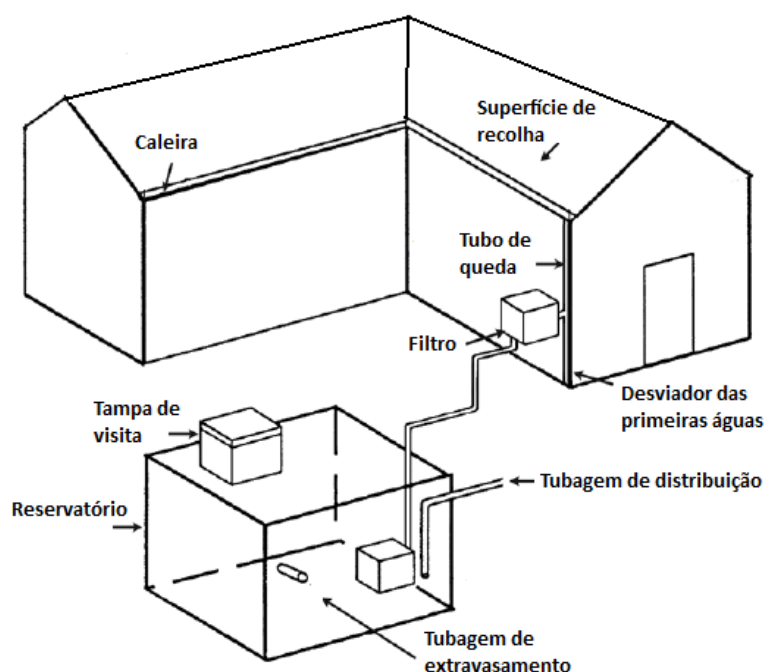


Figura 50. Sistema de aproveitamento de águas pluviais numa habitação [73]

O volume de águas pluviais captadas depende de diversos factores que devem ser considerados de acordo com o tipo de habitação, tipo de cobertura e a zona do país onde se localiza a habitação. Os factores a ter em conta são, a precipitação média anual, área de captação da superfície, eficiência hidráulica da filtragem e o coeficiente de run off da cobertura.

O potencial de poupança, através do uso deste sistema, pode alcançar os 100% se substituir totalmente a utilização da água da rede pública de abastecimento.

Considerando um edifício com uma área de terraço de 100 m^2 e uma precipitação média anual de aproximadamente 600 mm, e admitindo que o piso do terraço é impermeável e que todo o volume de águas pluviais é mantido sem evaporação, assim o volume total de águas pluviais captada seria de 60.000 m^3 . Admitindo que apenas 60% desse volume é realmente armazenado, cerca de 36.000 m^3 , e considerando que a necessidade média de água potável por pessoa é de 10 litros por dia, este volume representa cerca de duas vezes mais as necessidades de água potável de uma família com cinco pessoas [74].

Em Portugal, a precipitação média anual pode atingir valores próximos de 1.500 mm nomeadamente na zona Norte, apresentando assim elevadas potencialidades para o uso deste tipo de sistema.

Na Figura 51 indicam-se os valores das precipitações médias anuais, registadas em algumas localidades de Portugal continental, no período de 1961 a 1990 [75].

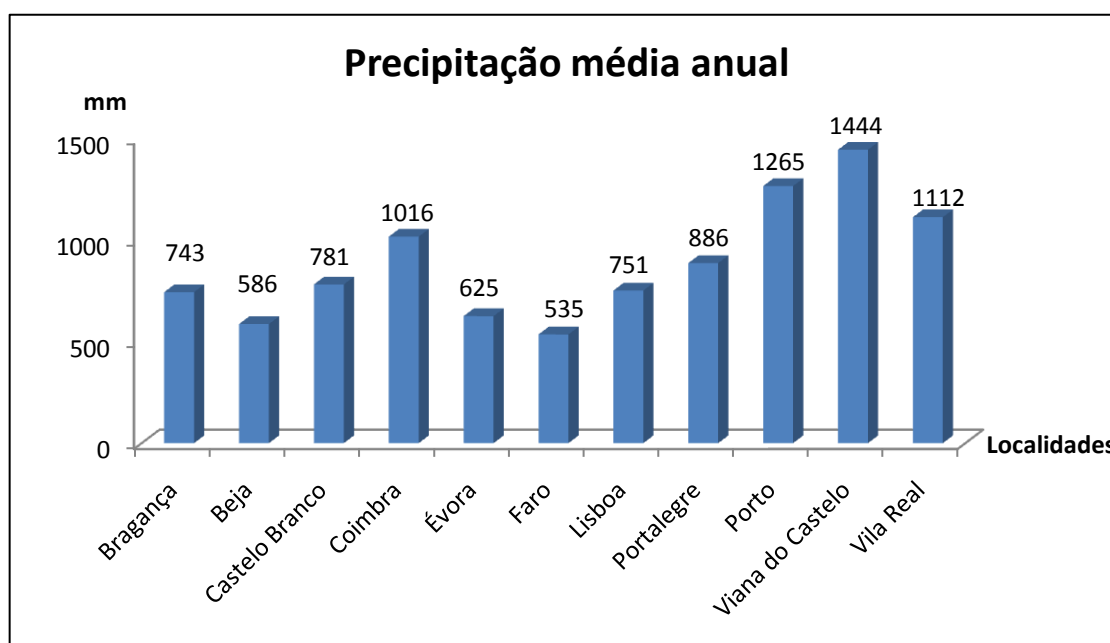


Figura 51. Precipitações médias anuais em Portugal [75]

Para além da vantagem de reduzir o consumo de água potável numa habitação, os sistemas de aproveitamento das águas pluviais apresentam como principais benefícios [76]:

- Promover a auto-suficiência e conservação dos recursos hídricos;
- Apresentarem potenciais económicos, especialmente com o aumento do custo da água;
- Utilizarem tecnologias simples, flexíveis e de fácil manutenção;
- Apresentarem baixos custos de funcionamento;
- Reduzirem o escoamento superficial evitando o entupimento dos canais de drenagem de águas pluviais.

A principal desvantagem da utilização deste sistema é a incerteza dos períodos de precipitação. Em épocas de seca prolongadas o fornecimento de águas pluviais ao sistema será nulo. Outras desvantagens incluem [76]:

- Baixa capacidade de armazenamento que vai limitar a recolha de águas pluviais;
- Possibilidade de contaminação da água com dejectos animais e matéria orgânica;
- Custo inicial do equipamento.

5.2.7. Aproveitamento de águas cinzentas

O aproveitamento de águas cinzentas consiste na reutilização das águas provenientes de lavatórios, banheiras, chuveiros e bidés após tratamento adequado. Este tipo de aproveitamento é já reconhecido em diversos países como uma medida eficaz na redução dos consumos urbanos de água potável. Porém, existem também alguns países que limitam este tipo de sistema, referindo que existe o risco de problemas para a saúde pública que advêm da sua utilização.

Os usos nos quais se considera mais viável a utilização de águas cinzentas são nas descargas de autoclismos, nos sistemas de rega, nas lavagens de pavimentos e veículos, e em sistemas de combate a incêndios. Em geral é necessário um tratamento adequado (filtração e desinfecção) mais ou menos exigente, consoante a qualidade de água e o tipo de uso final. Este sistema permite não só a redução do consumo de água potável numa habitação como a diminuição dos caudais de águas residuais.

A aplicação deste sistema em edifícios requer uma regulamentação técnica e adequada de modo a evitar potenciais perigos para a saúde pública. Deve ser realizado um estudo aprofundado que conduza a uma definição adequada do tipo de tratamento, nomeadamente bacteriológico a utilizar.

5.3. Ao nível da rede de abastecimento de água

A eficiência do uso da água ao nível da rede de abastecimento de água é um objectivo difícil de alcançar na maioria das zonas urbanas do mundo. As perdas de água na rede apresentam-se como o factor determinante na procura por um desenvolvimento sustentável, nomeadamente no uso racional dos recursos hídricos.

5.3.1. Perdas

Nos sistemas de abastecimento de água potável, dada a sua extensão e complexidade de juntas e órgãos existentes, verificam-se sempre perdas de água que podem atingir uma percentagem importante do consumo total [2].

Os serviços de abastecimento de água potável têm desenvolvido novas estratégias para diminuir as perdas. A necessidade de ampliação da rede de abastecimento de água devido ao crescimento demográfico é o principal investimento das entidades, relegando para segundo plano a sua manutenção. A deterioração da rede surge com o tempo, e quando ocorre uma fuga deve ser reparada de imediato. As perdas existentes na rede de abastecimento devem-se principalmente à operação e manutenção deficientes.

Os sistemas de distribuição de água não são completamente estanques, logo a ocorrência de perdas de água é inevitável. Contudo, a ocorrência de perdas elevadas têm consequências económicas e ambientais negativas. É então necessária a implementação de um programa de detecção, localização e eliminação de perdas resultantes de fugas, roturas e extravasamentos da rede, nomeadamente ao nível das tubagens e juntas.

As perdas de água num sistema de abastecimento podem ser estimadas através da comparação entre o volume de água disponibilizado num ponto e o volume de água recebido num ponto da rede a jusante. Se os volumes de água não forem iguais, verifica-se a ocorrência de perdas de água na rede.

Existem dois tipos de perdas no sistema de abastecimento: as perdas reais que correspondem ao volume de água produzido que não chega ao utilizador final e as perdas aparentes, que correspondem ao volume de água produzido que não é contabilizado pela companhia de saneamento.

As perdas de água dependem de um conjunto de factores inerentes à rede de abastecimento. A sua identificação torna-se crucial para a aplicação de estratégias de controlo e diminuição das perdas de água. Assim sendo, a seguinte lista apresenta os possíveis factores que podem influenciar as perdas de água [77]:

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- O comprimento total das condutas;
- A pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- O tipo e condições do solo;
- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado.

As perdas de água podem ocorrer em todas as etapas do abastecimento, desde a captação ao consumo final. As distintas condições de cada etapa fazem prevalecer diferentes origens de perda, o que implica diferentes medidas para a sua diminuição. Na Tabela 16 são apresentadas, dependendo da etapa do sistema de abastecimento de água, as origens e dimensões da perda de água [77].

Tabela 16. Perdas no sistema de abastecimento de água [77]

Etapas do sistema de abastecimento de água	Origem da Perda	Dimensão da Perda
Captação	Perdas na tubagem Limpeza do poço de bombagem	Variável, depende do estado das instalações
Tratamento	Perdas na estrutura Descargas de lamas Limpeza de filtros	Significativa, depende do estado das instalações e eficiência operacional
Armazenamento	Perdas estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, depende do estado das instalações e eficiência operacional

Etapas do sistema de abastecimento de água	Origem da Perda	Dimensão da Perda
Adução	Perdas na tubagem Descargas Limpeza do poço de bombagem	Variável, depende do estado da tubagem e eficiência operacional
Distribuição	Perdas na rede Perdas nos ramais Descargas	Significativa, depende do estado das tubagens e das pressões

A etapa que apresenta maior importância em termos de perdas é adução, pois representa um componente crítico do sistema de abastecimento, em termos de manutenção sistemática de carácter preventivo. O procedimento de manutenção não é por vezes realizado devido a comprometer o funcionamento do sistema, através do aumento das perdas de carga e do consumo de energia e interrupção do sistema devido a manutenção demorada.

As perdas de água atingem valores mínimos percentuais no tratamento, porém em termos de caudal podem ser bastantes significativas. A grande maioria destas perdas não pode ser eliminadas, devido a estarem associadas com o processo de tratamento da água, podendo apenas ser reduzidas.

As medidas de redução de perdas de água no sistema de abastecimento, devem ser implementadas através das entidades gestoras e consistem em programas de detecção, localização e eliminação das perdas. Com o intuito de possibilitar uma maior eficácia na implementação destas medidas o PNUA elaborou um conjunto de mecanismos, que devem incidir ao nível de [2]:

- Campanhas de sensibilização dirigidas aos gestores e técnicos das entidades gestoras, da responsabilidade da tutela, instituto regulador, entidades gestoras de sistemas de abastecimento, instituições de I&D, associações e ONG's;
- Preparação de um guia de apoio à realização de auditorias para contabilização de perdas, destinado às entidades gestoras, a incentivar pela tutela do ambiente, com participação do instituto regulador e das entidades gestoras de sistemas de abastecimento;

- Inclusão de programas de uso eficiente da água, a desenvolver pelas entidades gestoras, com os objectivos a atingir em termos de perdas de água, da responsabilidade da tutela do ambiente;
- Exigência de realização de auditorias para contabilização de perdas anuais pelas entidades gestoras, da responsabilidade da tutela do ambiente, com participação do instituto regulador, das entidades gestoras de sistemas de abastecimento e das entidades concedentes;
- Estabelecimento de um sistema de incentivos económicos e financeiros, para as entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água, contemplando não apenas as campanhas específicas de redução de perdas mas também a renovação de redes deterioradas, origem principal dessas perdas da responsabilidade da tutela do ambiente e da economia;
- Incentivos à realização e promoção de projectos de demonstração, a desenvolver pelas entidades gestoras, da responsabilidade da tutela do ambiente com participação do instituto regulador, das entidades gestoras de sistemas de abastecimento e das instituições de I&D.

A identificação das perdas de um sistema de abastecimento de água pode reflectir-se numa economia financeira, não só para a entidade gestora como também para o consumidor. A redução das perdas de água permite a diminuição dos custos de produção, bem como dos custos de energia. A minimização do volume desperdiçado vai permitir a reestruturação da oferta de água para os consumidores, caracterizando-se por uma diminuição do valor do serviço. Contudo há um nível de perdas que não justificam, do ponto de vista económico, as medidas para a sua redução, sendo a viabilidade económica maior nos casos em que as perdas são mais elevadas.

O aumento da sustentabilidade ambiental é também uma consequência da redução das perdas de água, contribuindo assim para o uso eficiente da água e energia. A redução de emissões de GEE para a atmosfera que advêm do consumo energético associado à água é um dos factores preponderantes na procura por um desenvolvimento sustentável.

Admitindo que as perdas actuais nos sistemas de abastecimento de água atingem valores na ordem dos 40%, é um objectivo a nível internacional a sua redução para os 20%, representando assim uma eficiência potencial de 50%. Em Portugal, prevê-se que esse valor seja alcançado no ano de 2015 [2, 77].

6. CASO DE ESTUDO

No âmbito da presente dissertação, considerou-se realizar uma análise prática das emissões de CO₂ associadas ao consumo de água. Este estudo consiste em determinar os impactos económicos e ambientais da produção, distribuição e consumo de água ao nível da rede de abastecimento, saneamento de águas residuais e consumo final.

6.1. Caracterização

Para a realização deste estudo, considera-se dois cenários distintos. O primeiro consiste na análise do volume de água produzido e distribuído pelas empresas de abastecimento de água potável e na análise do volume de águas residuais receptadas pelas empresas de saneamento de águas residuais, em Portugal (Figura 52).

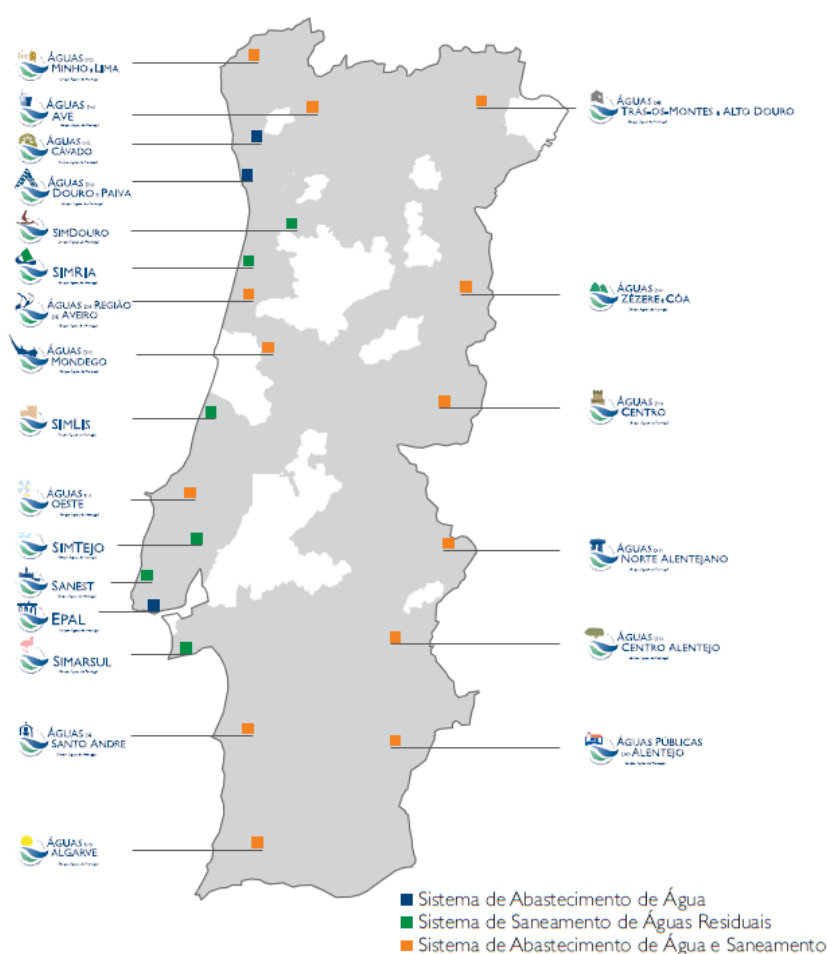


Figura 52. Localização das empresas do Grupo Águas de Portugal [65]

Em Portugal, as empresas de abastecimento de água são responsáveis pelo fornecimento de água a cerca de 80% da população nacional, aproximadamente 8,04 milhões de pessoas, e só em 2010 produziram um volume total de 643,3 milhões de m³ de água. Também em 2010, as empresas responsáveis pelo saneamento das águas residuais, trataram cerca de 500,2 milhões de m³ de águas residuais, efectuando o saneamento relativo a 8,22 milhões de pessoas [78].

O segundo cenário admitido consiste no estudo do volume de água distribuído pela empresa Águas do Porto no sector doméstico. Esta empresa é responsável pelo fornecimento de água e pela recepção e tratamento de águas residuais na cidade do Porto e só em 2009 o seu número de clientes ascendia a mais de 150.000, sendo o consumidor doméstico o mais representativo, com cerca de 84% do total dos clientes [79].

6.2. Sistemas de Abastecimento Água e Saneamento de Águas Residuais

Para a realização do primeiro cenário foram inquiridas as empresas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais em Portugal, para o envio dos seguintes dados, referentes ao ano de 2010:

- Volume de água produzida (m³)
- Volume de água distribuída (m³)
- Consumo de energia associado ao abastecimento de água (kWh)
- Volume de águas residuais (m³)
- Consumo de energia associado ao saneamento de águas residuais (kWh)

Como referido anteriormente, em Portugal existem empresas do grupo AdP que realizam apenas e só o abastecimento de água ou o saneamento de águas residuais, sendo que a maioria realiza ambos os processos.

De salientar que das 20 empresas inquiridas, 6 delas não participam neste estudo devido não possuírem dados referentes ao ano de 2010. As empresas em causa são: Águas da Região de Aveiro, Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, Águas do Centro, Águas Publicas do Alentejo, Águas de Santo André e SANEST.

As empresas que participam neste estudo representam 67,3% do total das empresas de abastecimento de água e 61,1% do total das empresas de saneamento de águas residuais, em Portugal.

Na Tabela 17 são apresentados os dados de 2010 reportados pelas empresas de abastecimento de água em Portugal.

Tabela 17. Volume de água produzido e distribuído, e consumo de energia das empresas do Grupo AdP

Empresas de abastecimento de água	Volume de água produzida (m³)	Volume de água distribuída (m³)	Consumo de energia (kWh)
Águas do Noroeste - AdN	78.450.576	76.018.000	41.739030
Águas do Douro e Paiva - AdDP	106.376.239	104.540.197	82.789.502
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	18.837.223	18.437.250	4.523.609
Águas do Mondego - AdM	19.985.228	18.556.150	7.752.634
Águas do Oeste AdO	28.000.510	27.370.000	17.352.630
Empresa Portuguesa de Águas Livres - EPAL	242.194.160	213.799.910	33.506.321
Águas do Norte Alentejano - AdNA	7.513.552	6.753.530	4.680.506
Águas do Centro Alentejano - AdCA	7.255.763	7.232.409	5.928.083
Águas do Algarve - AdA	67.750.080	67.247.541	28.670.090

Na Tabela 18 são apresentados os dados de 2010 repostados pelas empresas de saneamento de águas residuais em Portugal.

Tabela 18. Volume de águas residuais e consumo de energia das empresas do Grupo AdP

Empresas de saneamento de águas residuais	Volume de águas residuais (m³)	Consumo de energia (kWh)
Águas do Noroeste- AdN	57.387.000	12.630.886
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	13.109.445	6.556.083
Águas do Mondego - AdM	19.934.590	5.085.355
Águas do Oeste - AdO	20.880.000	14.599.480
Águas do Norte Alentejano - AdNA	5.753.568	1.831.206
Águas do Centro Alentejano - AdCA	9.409.805	2.947.952
Águas do Algarve - AdA	50.927.501	38.466.544
SIMRIA	26.927.803	6.957.568
SIMLIS	13.095.510	10.520.871
SIMTEJO	109.660.384	46.579.281
SIMARSUL	21.590.912	9.732.861

6.2.1. Determinação das emissões de CO₂

Em Portugal, segundo o operador de energia EDP, os factores de emissão dos GEE para a electricidade são de 361 g/kWh para o CO₂, de 2,28 g/kWh para o SO₂ e de 1,08 g/kWh para o NO_x [23]. Considerando que o CO₂ apresenta a participação mais significativa nas emissões de GEE, calculou-se assim a contribuição de cada empresa do Grupo AdP nas emissões de CO₂.

A Tabela 19 apresenta os valores das emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia no abastecimento de água, de cada empresa em 2010.

Tabela 19. Emissões de CO₂ nas empresas de abastecimento de água

Empresas de abastecimento de água	Consumo de energia (kWh)	Emissões de CO₂ (t)
Águas do Noroeste - AdN	41.739.030	15.068
Águas do Douro e Paiva - AdDP	82.789.502	29.887
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	4.523.609	1.633
Águas do Mondego - AdM	7.752.634	2.799
Águas do Oeste AdO	17.352.630	6.264
Empresa Portuguesa de Águas Livres - EPAL	33.506.321	12.096
Águas do Norte Alentejano - AdNA	4.680.506	1.690
Águas do Centro Alentejano - AdCA	5.928.083	2.140
Águas do Algarve - AdA	28.670.090	10.350
Total	226.942.405	81.926

A Tabela 20 apresenta os valores das emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia no saneamento de águas residuais, de cada empresa.

Tabela 20. Emissões de CO₂ nas empresas de saneamento de águas residuais

Empresas de saneamento de águas residuais	Consumo de energia (kWh)	Emissões de CO₂ (t)
Águas do Noroeste- AdN	12.630.886	4.560
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	6.556.083	2.367
Águas do Mondego - AdM	5.085.355	1.836
Águas do Oeste - AdO	14.599.480	5.270
Águas do Norte Alentejano - AdNA	1.831.206	661
Águas do Centro Alentejano - AdCA	2.947.952	1.064
Águas do Algarve - AdA	38.466.544	13.886
SIMRIA	6.957.568	2.512

Empresas de saneamento de águas residuais	Consumo de energia (kWh)	Emissões de CO₂ (t)
SIMLIS	10.520.871	3.798
SIMTEJO	46.579.281	16.815
SIMARSUL	9.732.861	3.514
Total	155.908.087	56.283

Através da análise da Tabela 19 e Tabela 20, conclui-se que as empresas que apresentam maior consumo de energia vão também apresentar a maior participação nas emissões de CO₂. Assim sendo, nas empresas de abastecimento de água, a que apresenta o maior valor de emissões de CO₂ é a empresa Águas do Douro e Paiva, cerca de 29.887 toneladas de CO₂, contrastando com a empresa Águas do Zêzere e Côa que apresenta o valor mais baixo, 1.633 toneladas de CO₂. No que se refere às empresas de saneamento de águas residuais, a empresa SIMtejo é que apresenta o maior valor de emissões de CO₂, cerca de 16.815 toneladas de CO₂, sendo que a empresa águas do Norte Alentejano apresenta o menor, 661 toneladas de CO₂.

Com o intuito de obter-se uma comparação entre as empresas do grupo AdP em termos de emissões de CO₂ associadas ao abastecimento de água e ao saneamento de águas residuais, determinou-se o consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de água produzida (Tabela 21) e por m³ de águas residuais receptadas (Tabela 23). No cálculo das emissões de CO₂ foi utilizado o factor de emissão de 361 g CO₂/kWh de energia eléctrica [23].

Analisando a Tabela 21 verifica-se que a empresa Águas do Centro Alentejano apresenta o maior consumo de energia por m³ de água produzido, cerca de 0,82 kWh/m³, consequentemente apresenta também as maiores emissões de CO₂ por m³ de água, com o valor de 0,29 Kg/m³. Em contrapartida a EPAL é quem apresenta o menor consumo de energia por m³ de água produzida, cerca de 0,14 kWh/m³, e as menores emissões de CO₂, 0,05 Kg/m³.

Tabela 21. Consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de água produzida

Empresas de abastecimento de água	Volume de Água produzida (m ³)	Consumo de energia (kWh)	Consumo de energia (kWh/m ³)	Emissão de Co2 (Kg/m ³)
Águas do Noroeste - AdN	78.450.576	41.739.030	0,53	0,19
Águas do Douro e Paiva - AdDP	106.376.239	82.789.502	0,78	0,28
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	18.837.223	4.523.609	0,24	0,09
Águas do Mondego -AdM	19.985.228	7.752.634	0,39	0,14
Águas do Oeste AdO	28.000.510	17.352.630	0,62	0,22
Empresa Portuguesa de Águas Livres - EPAL	242.194.160	33.506.321	0,14	0,05
Águas do Norte Alentejano - AdNA	7.513.552	4.680.506	0,62	0,22
Águas do Centro Alentejano - AdCA	7.255.763	5.928.083	0,82	0,29
Águas do Algarve -AdA	67.750.080	28.670.090	0,42	0,15

Com o intuito de realizar-se o tratamento estatístico dos valores obtidos para o consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de água produzida nas empresas de abastecimento, utilizou-se o software aplicativo Statistical Package for the Social Sciences – SPSS. A Tabela 22 apresenta os valores obtidos, a partir da análise estatística, da média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo das amostras.

Analisando a Tabela 22 conclui-se que o consumo médio de energia por m³ de água produzida das empresas de abastecimento é de 0,51 kWh/m³, apresentando uma variação de valores em relação à média de 0,23 kWh/m³ (desvio padrão), sendo o valor de tendência central da amostra de 0,53 kWh/m³ e o máximo e mínimo de 0,82 e 0,14 kWh/m³ respectivamente. Conclui-se também que as emissões de CO₂ por m³ de água produzida, apresentam um valor médio de 0,18 Kg/m³, a variação de valores em relação à média é de 0,08 kWh/m³ (desvio padrão), o valor de tendência central da amostra é de 0,19 kWh/m³ e o máximo e mínimo de 0,29 e 0,05 kWh/m³ respectivamente.

Tabela 22. Análise estatística das amostras

Estatísticas	Energia (kWh)	CO ₂ (Kg)
Média	0,51	0,18
Mediana	0,53	0,19
Desvio Padrão	0,23	0,08
Mínimo	0,14	0,05
Máximo	0,82	0,29

De modo a demonstrar-se a variação do consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de água produzida nas empresas de abastecimento, realizou-se um gráfico de dispersão, recorrendo também ao software aplicativo SPSS (Figura 53).

Analisando a Figura 53 conclui-se que as empresas que mais se aproximam do consumo médio de energia por m³ de água produzida (linha vermelha) são a AdN e a AdA. Como referido anteriormente as empresas EPAL e AdCa são as que apresentam maior variação em relação á média do consumo de energia.

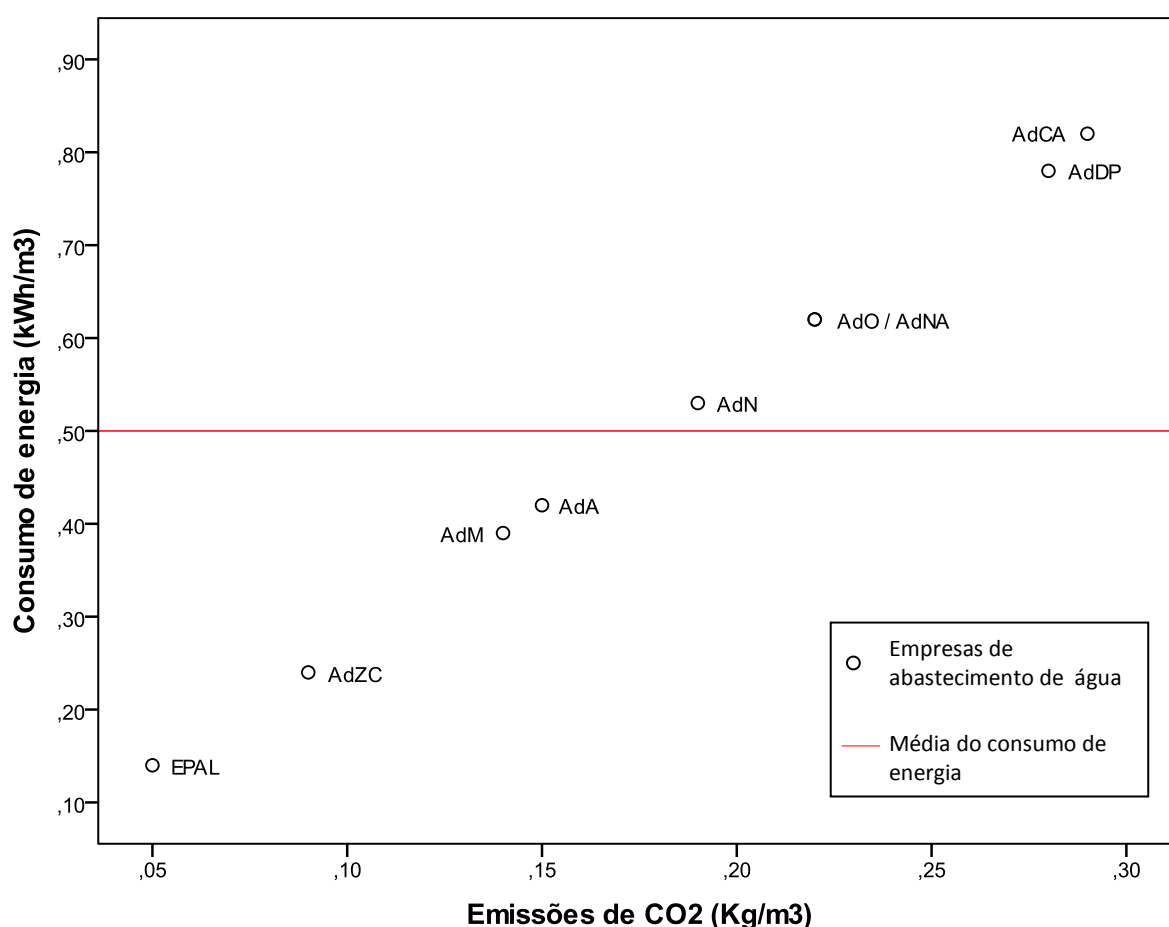


Figura 53. Gráfico de dispersão do consumo de energia e emissões de CO₂ das empresas de abastecimento de água

A análise realizada para as empresas de abastecimento de água repetiu-se nas empresas de saneamento de águas residuais, obtendo-se os seguintes valores (Tabela 23).

Analisando a Tabela 23 conclui-se que a empresa SIMLIS apresenta o maior consumo de energia por m³ de águas residuais, cerca de 0,80 kWh/m³, e consequentemente a menor emissão de CO₂ por m³, 0,29 Kg/m³. No oposto apresenta-se a empresa Águas do Noroeste

com o menor consumo de energia, cerca de 0,22 kWh/m³ e menores emissões de CO₂, 0,08 Kg/m³.

Tabela 23. Consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de águas residuais receptadas

Empresas de saneamento de águas residuais	Volume de águas residuais (m³)	Consumo de energia (kWh)	Consumo de energia (kWh/m³)	Emissão de Co2 (Kg/m³)
Águas do Noroeste - AdN	57.387.000	12.630.886	0,22	0,08
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	13.109.445	6.556.083	0,50	0,18
Águas do Mondego -AdM	19.934.590	5.085.355	0,26	0,09
Águas do Oeste - AdO	20.880.000	14.599.480	0,70	0,25
Águas do Norte Alentejano - AdNA	5.753.568	1.831.206	0,32	0,11
Águas do Centro Alentejano - AdCA	9.409.805	2.947.952	0,31	0,11
Águas do Algarve - AdA	50.927.501	38.466.544	0,76	0,27
SIMRIA	26.927.803	6.957.568	0,26	0,09
SIMLIS	13.095.510	10.520.871	0,80	0,29
SIMTEJO	109.660.384	46.579.281	0,42	0,15
SIMARSUL	21.590.912	9.732.861	0,45	0,16

De modo a realizar-se o tratamento estatístico dos valores obtidos para o consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de águas residuais receptadas pelas empresas de saneamento de águas residuais, utilizou-se tal como na análise anterior, o software aplicativo SPSS (Tabela 24).

Como se pode observar na Tabela 23, o consumo de energia por m³ de águas residuais receptadas pelas empresas de saneamento, apresenta uma média de 0,45 kWh/m³, uma variação de valores em relação à média de 0,21 kWh/m³ (desvio padrão), um valor de tendência central da amostra de 0,42 kWh/m³ e um máximo e mínimo de 0,80 e 0,22kWh/m³ respectivamente. Conclui-se também que as emissões de CO₂ por m³ de águas residuais receptadas apresentam um valor de médio de 0,16 Kg/m³, uma variação de valores em relação à média de 0,15 kWh/m³ (desvio padrão), um valor de tendência central da amostra de 0,15 kWh/m³ e um máximo e mínimo de 0,29 e 0,08 kWh/m³ respectivamente.

Tabela 24. Análise estatística das amostras

Estatísticas	Energia (kWh)	CO₂ (Kg)
Média	0,45	0,16
Mediana	0,42	0,15
Desvio Padrão	0,21	0,08
Mínimo	0,22	0,08
Máximo	0,80	0,29

Com o objectivo de demonstrar a variação do consumo de energia e emissões de CO₂ por m³ de águas residuais receptadas pelas empresas de saneamento de águas residuais, realizou-se, tal como na análise anterior, um gráfico de dispersão recorrendo ao software aplicativo SPSS (Figura 54).

Analisando a Figura 54 conclui-se que a empresa SIMARSUL apresenta o mesmo valor do consumo de energia por m³ de águas residuais receptadas, que a média do consumo de energia das empresas em causa. Em seguida, as empresas que mais se aproximam da média de consumo de energia são a SIMTEJO e a AdZC. Como referido anteriormente as empresas AdN e SIMLIS são as que apresentam a maior variação em relação à média do consumo de energia, sendo que a SIMLIS apresenta um consumo de energia de quase duas vezes superior à média, cerca de 0,8kWh/m³. Em contrapartida a AdN apresenta um consumo de energia de aproximadamente metade da média, cerca de 0,22 kWh/m³.

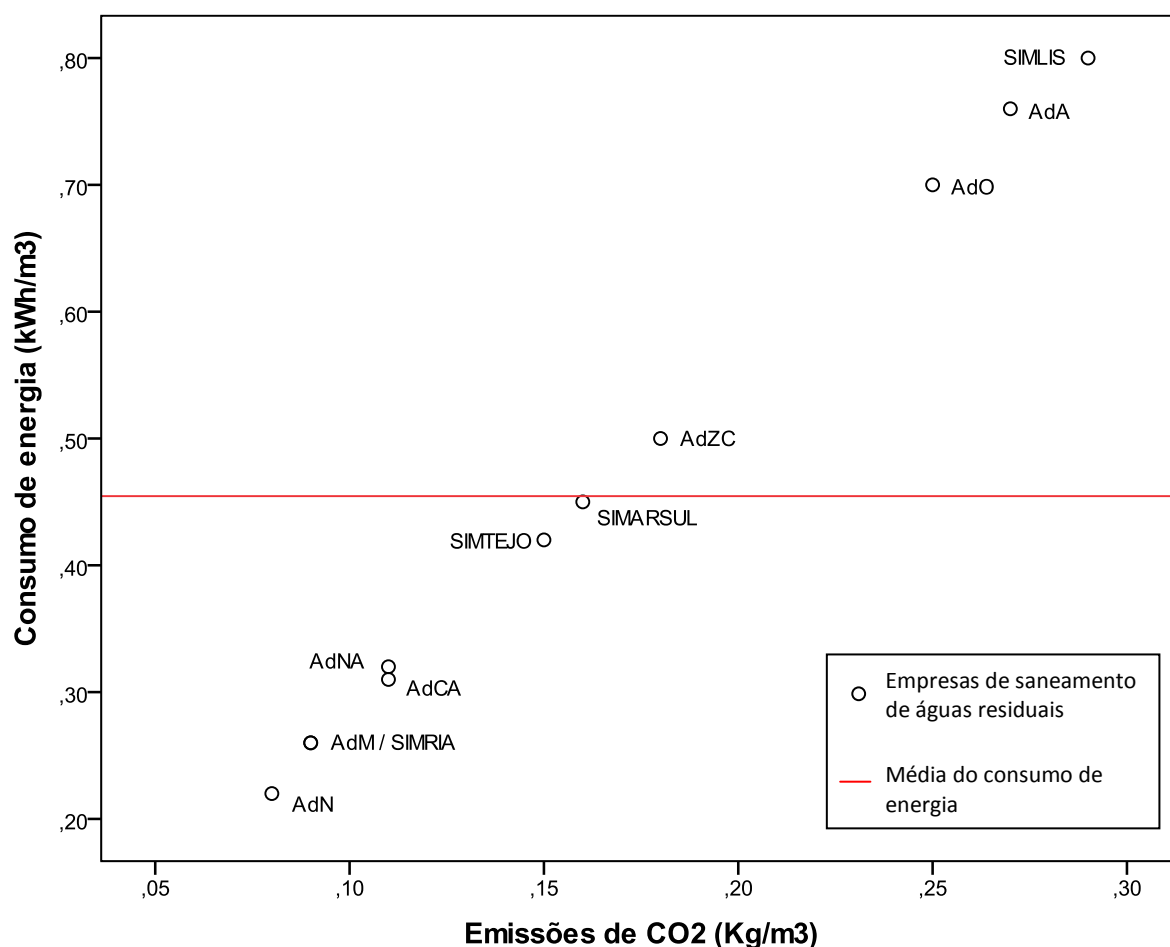


Figura 54. Gráfico de dispersão do consumo de energia e emissões de CO₂ das empresas de saneamento de águas residuais

Da análise dos valores apresentados verifica-se que o abastecimento de água consome mais energia em média do que o que o saneamento de águas residuais, enquanto a média das emissões de CO₂ nestes sectores apresenta-se muito próxima.

6.2.2. Impacto das perdas de água nas emissões de CO₂

As perdas reais de água nos sistemas de abastecimento representam uma significativa percentagem do uso ineficiente da água. De modo a demonstrar o potencial de redução das perdas reais nos sistemas de abastecimento de água em alta, calculou-se as perdas reais e conseqüente consumo de energia e emissões de CO₂ que daí advêm (Tabela 25).

O cálculo das perdas reais foi realizado através da subtracção do volume de água distribuído ao volume de água produzido. As emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia foram determinadas utilizando o factor de emissão de 361 g/kWh de energia.

Tabela 25. Consumo de energia e emissões de CO₂ associado às perdas reais de água

Empresas de abastecimento de água	Perdas Reais (m³)	Consumo Energético das perdas (kWh)	Emissão de CO₂ (t)
Águas do Noroeste - AdN	2.432.576	1.294.233	467
Águas do Douro e Paiva - AdDP	1.836.042	1.428.938	516
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	399.973	96.050	35
Águas do Mondego -AdM	1.429.078	554.365	200
Águas do Oeste AdO	630.510	390.743	141
Empresa Portuguesa de Águas Livres - EPAL	28.394.250	3.928.199	1.418
Águas do Norte Alentejano - AdNA	760.022	473.450	171
Águas do Centro Alentejano - AdCA	23.354	19.081	7
Águas do Algarve -AdA	502.539	212.662	77
Total	36.408.344	8.397.721	3.032

Analisando a Tabela 25, verifica-se que a EPAL apresenta o maior valor de perdas reais, cerca de 28.394.250 m³ de água, estando este valor associado ao maior volume de água produzido por esta empresa em relação às restantes. A empresa Águas do Centro Alentejano apresenta o menor valor de perdas reais, cerca de 23.354 m³ de água.

Contabilizando o total das perdas reais nos sistemas de abastecimento de água em alta obtêm-se o volume de 36.408.344 m³ de água, com um consumo de energia associado de 8.397.721 kWh e emissões de CO₂ de 3.032 t.

O impacto das perdas de água nos sistemas de abastecimento de água em alta verifica-se também na factura da energia. Considerando que em Portugal (EDP) o valor médio do custo de energia eléctrica é de 0,12€/kWh, calculou-se o custo da energia eléctrica associada às perdas reais de água (Tabela 26).

Analisando a Tabela 26 verifica-se que o custo total da energia associada às perdas reais de água nos sistemas de abastecimentos é cerca de 1.007.726 € no ano de 2010.

Tabela 26. Custo da energia associada às perdas reais de água

Empresas de abastecimento de água	Perdas Reais (m³)	Consumo Energético das perdas (kWh)	Custo (€)
Águas do Noroeste - AdN	2.432.576	1.294.233	155.308
Águas do Douro e Paiva - AdDP	1.836.042	1.428.938	171.473
Águas do Zêzere e Côa - AdZC	399.973	96.050	11.526
Águas do Mondego -AdM	1.429.078	554.365	66.524
Águas do Oeste AdO	630.510	390.743	46.889
Empresa Portuguesa de Águas Livres - EPAL	28.394.250	3.928.199	471.384
Águas do Norte Alentejano - AdNA	760.022	473.450	56.814
Águas do Centro Alentejano - AdCA	23.354	19.081	2.290
Águas do Algarve -AdA	502.539	212.662	25.519
Total	36.408.344	8.397.721	1.007.726

Em Portugal, prevê-se a redução até 2015 do valor de perdas de água na rede de abastecimento em 50%, representando assim uma redução no volume de perdas reais de 18.204.172 m³, no consumo de energia eléctrica de 4.198.861 kWh e nas emissões de CO₂ de 1.516 t.

6.3. Sistema de abastecimento de água no Porto

O segundo cenário analisado consistiu na determinação das emissões de CO₂ associados ao consumo de água no sector doméstico. Para tal, foi inquirida a empresa Águas do Porto para o envio dos seguintes dados:

- Volume total de água distribuído (m³)
- Volume de água distribuído no sector doméstico (m³)

A Tabela 27 apresenta os valores enviados pela empresa Águas do Porto.

Tabela 27. Volume de água distribuída por tipo de consumo

Tipos de Consumo	Volume de água (m³)
Próprios	31.770
Autarquias	35.869
Câmara Municipal	827.677
Comércio e Indústria	3.429.938
Doméstico	11.019.839
Estado	733.308

Tipos de Consumo	Volume de água (m³)
Hospitais e Ordens	765.969
Instituições	402.725
Obras	152.192
Ordens	74.685
Organizações	20.479
Desportivas	107.049
Piscinas	96.720
Totalizadores	

Para o cálculo das emissões de CO₂ associados ao consumo de água no sector doméstico foi considerado que as emissões de CO₂ estão inteiramente dependentes do consumo de AQS na habitação. Admitindo que o consumo de AQS na habitação está associado ao duche, e que este representa 39% do consumo de água numa habitação, calou-se assim o volume de AQS usado [2].

Tabela 28. Volume de água distribuída e volume de AQS na habitação

Volume de água distribuída (m³)	11.019.839
Volume de AQS na habitação (m³)	4.297.737

Para calcular o consumo de energia associado ao uso de AQS na habitação, considerou-se o uso de quatro tipos de energia:

- Electricidade
- Gás Natural
- Gás Butano
- Gás Propano

Com o intuito de comparar os tipos de energia utilizadas em AQS na habitação, ao nível das emissões de CO₂ e custo, considerou-se o uso de cada tipo de energia em 100% das habitações. De salientar que a utilização de cada tipo de energia na totalidade do sector doméstico abastecido pela empresa Águas do Porto é apenas admitido para este estudo, sendo que na realidade isso não ocorre.

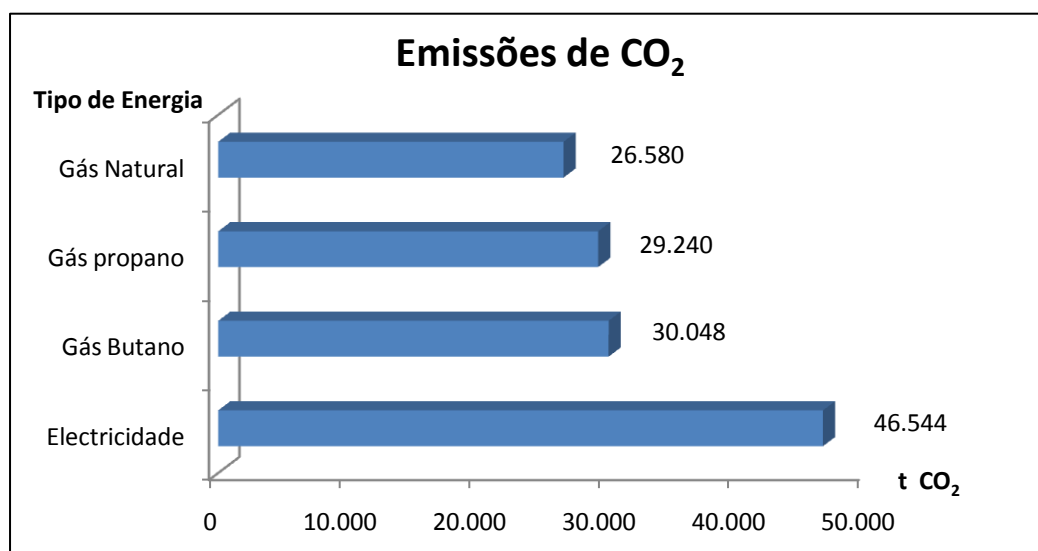
Admitindo que para aquecer 1m³ de água a 37°, consoante o tipo de energia, são necessários 30 kWh de energia eléctrica, 2,37 Kg de Gás Butano, 2,33 Kg de Gás Propano e 2,85 m³ de Gás Natural, determinou-se assim os consumos energéticos associados ao volume de AQS na habitação, para cada tipo de energia (Tabela 29).

Tabela 29. Volume de AQS e consumos energéticos associados

Volume de AQS (m ³)	Consumo de Electricidade (kWh)	Consumo de Gás Butano (Kg)	Consumo de Gás Propano (Kg)	Consumo de Gás Natural (m ³)
4.297.737	128.932.116	10.185.637	10.185.637	12.248.551

Para o cálculo das emissões de CO₂ associados ao uso dos diferentes tipos de energia, considerou-se os factores de emissão de CO₂ para a electricidade de 0,00036 tCO₂/kWh, para o gás Natural de 0,00217 tCO₂/m³, para o Gás Butano de 0,00295 tCO₂/Kg e para o Gás Propano de 0,00292 tCO₂/Kg (Figura 55) [64].

Analisando a Figura 55 conclui-se que a utilização da Electricidade em AQS, apresenta maiores emissões de CO₂, cerca de 46.544 t. Em contrapartida a utilização do Gás Natural em AQS apresenta as menores emissões de CO₂, cerca de 25.580 t, apresentando-se assim como a energia mais eficiente do ponto de vista ambiental.

Figura 55. Emissões de CO₂ associados ao consumo de energia em AQS

De modo a avaliar o custo da utilização dos tipos de energia em AQS, considerou-se que as tarifas médias em Portugal são de 0,12 €/kWh para a Electricidade, de 0,70 €/m³ para o Gás natural, de 1,78 €/Kg para o Gás Butano e de 2,15 €/Kg para o Gás Propano, como referido anteriormente (Figura 56).

Conclui-se através da análise da Figura 56 que o Gás Propano é o tipo de energia que apresenta o maior custo de utilização em AQS, cerca de 21.529.515 €, enquanto o Gás Natural apresenta-se como o tipo de energia com o custo menor, cerca de 8.573.986 €.

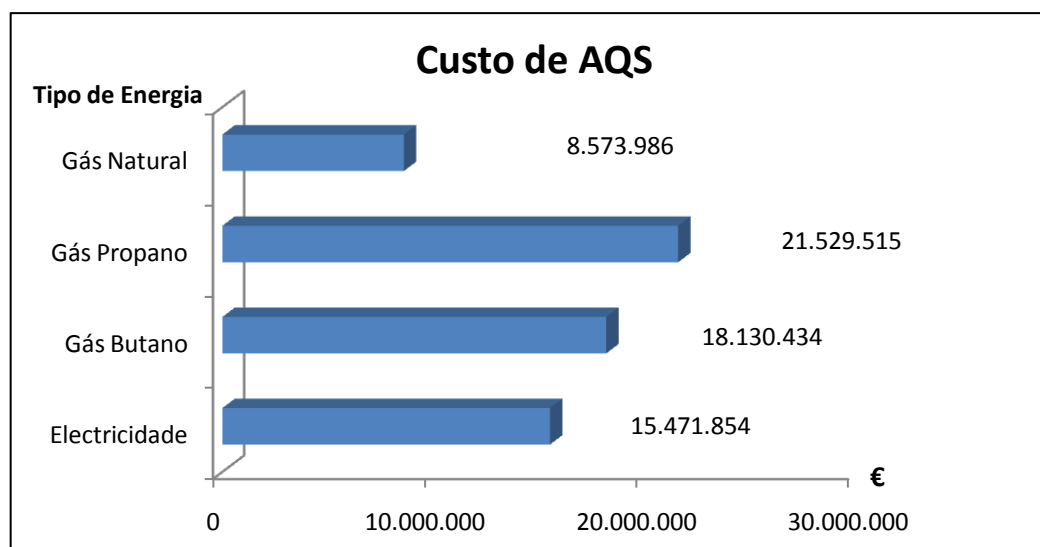


Figura 56. Custo da utilização dos tipos de energia em AQS

De acordo com a análise da Figura 55 e Figura 56 conclui-se que o Gás Natural apresenta-se não só como a energia que produz menores emissões de CO₂ no uso em aquecimento de AQS, como também é a que apresenta menor custo de utilização.

6.3.1. Impacto da aplicação de medida para o uso eficiente da água

A aplicação de medidas para o uso eficiente da água, para além de reduzir o consumo de água, contribui também para a redução do consumo de energia e das emissões de CO₂ numa habitação.

Com o intuito de analisar o impacto da aplicação de uma medida de eficiência hídrica ao nível do sector doméstico, considerou-se que um fogo habitacional apresenta uma ocupação média de 2,7 pessoas e que o consumo médio de água no duche é de 0,15 l/s [80].

A substituição do chuveiro usual por um chuveiro de categoria A pode reduzir esse caudal para 0,08 l/s, representando uma diminuição de aproximadamente 47% do volume de AQS inicialmente consumido, ou seja o volume de AQS passaria a ser de 2.277.801 m³. Tendo em conta este volume e admitindo que esta medida de eficiência no uso da água era aplicada na totalidade dos chuveiros dos fogos habitacionais, pode estimar-se os seguintes valores de volume de AQS, consumo de energia, emissões de CO₂ e custos associados (Tabela 30, Figura 57, Figura 58).

Analisando a Tabela 30, a Figura 57 e a Figura 58, verifica-se que o impacto da aplicação do chuveiro de classe A demonstra simultaneamente uma redução no consumo de AQS, no consumo e custo de energia e nas emissões de CO₂ de aproximadamente 47%.

Tabela 30. Volume de AQS e consumos energéticos associados

Volume de AQS (m ³)	Consumo de Electricidade (kWh)	Consumo de Gás Butano (Kg)	Consumo de Gás Propano (Kg)	Consumo de Gás Natural (m ³)
2.277.801	68.334.022	5.398.388	5.307.276	6.491.732

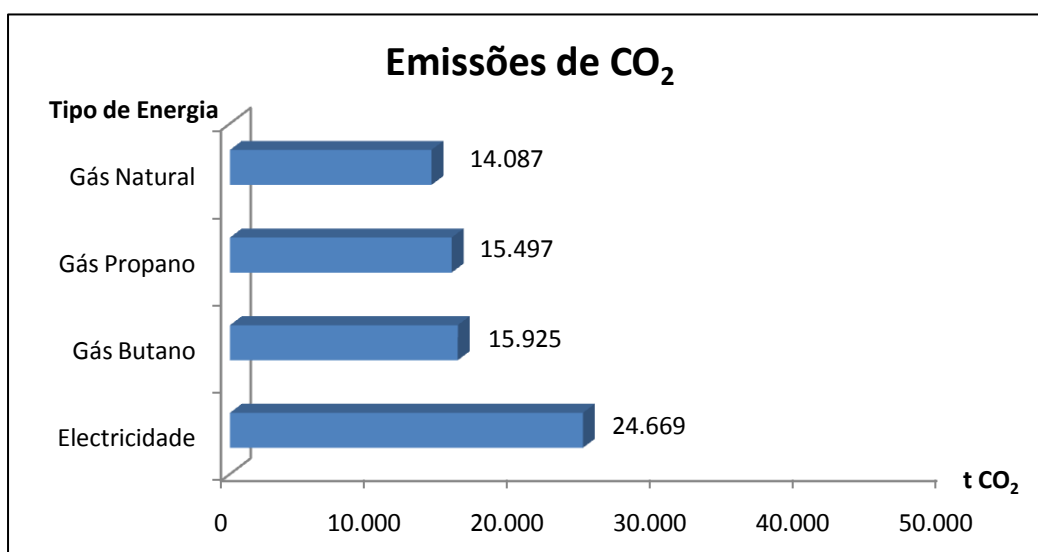


Figura 57. Emissões de CO₂ associados ao consumo de energia em AQS

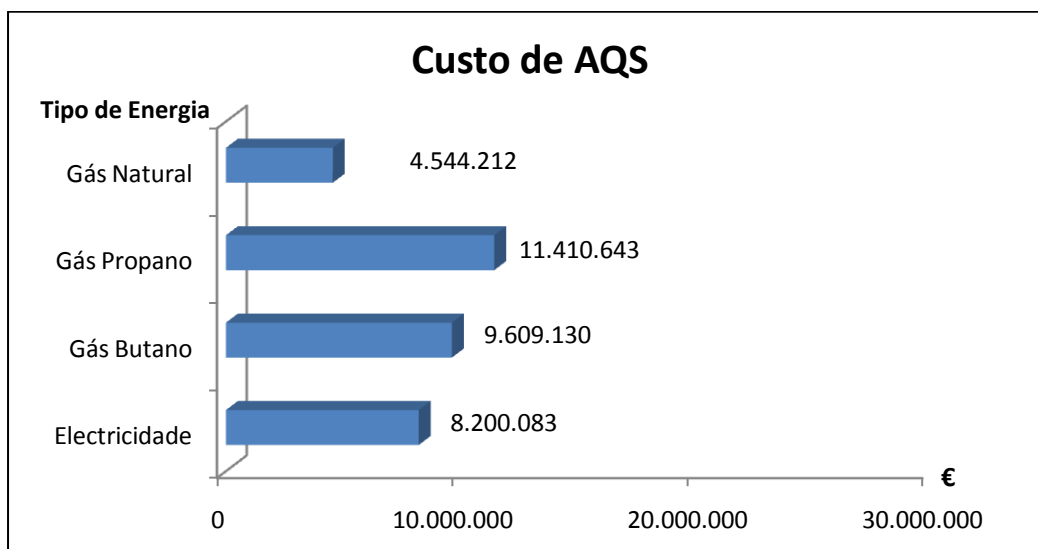


Figura 58. Custo da utilização dos tipos de energia em AQS

7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1. Considerações Finais

A importância da água para os seres vivos e para a manutenção de vida na Terra é inigualável, sendo a expressão “água fonte de vida” a que melhor transmite o seu significado para todos nós. A sua preservação e manutenção como bem essencial à nossa subsistência são os princípios fundamentais a adoptar por todos os humanos que usufruem dela.

Os benefícios que advêm do uso eficiente da água são deveras fundamentais para a manutenção de vida no nosso planeta. Sendo a água um recurso limitado, a sua correcta gestão pode representar uma maior longevidade deste recurso para todos os seres vivos. A sua correcta utilização está também inteiramente ligada a factores ambientais, económicos e energéticos. A redução dos consumos de água além da preservação dos recursos hídricos, contribui para a diminuição do consumo de energia, das emissões de CO₂ para a atmosfera e diminuição do seu custo.

Neste contexto, é fundamental uma melhor compreensão do ciclo urbano da água na procura e elaboração de medidas e soluções que permitam usufruir da água de modo eficiente, reduzindo assim o consumo de energia e emissões de CO₂.

A rede de distribuição de água potável apresenta-se como uma das principais etapas do ciclo urbano da água. A ineficiência do uso da água nesta etapa advém na sua totalidade da ocorrência de perdas e fugas de água na rede. As perdas actuais nos sistemas públicos de abastecimento de água atingem valores na ordem dos 40%. O potencial da redução das perdas é deveras significativo, não só na poupança de água como na redução do consumo de energia associado e emissões de CO₂. A importância da redução do consumo de água vai também notabilizar-se numa economia financeira para as empresas gestoras dos sistemas de abastecimento de água.

O consumo de água no sector doméstico representa também um potencial elevado de redução do consumo de água. Ao nível dos edifícios existe um amplo campo de actuações que visam reduzir as perdas e desperdícios da água. O uso de produtos eficientes, aproveitamento de águas pluviais e aproveitamento de águas cinzentas apresentam-se como as medidas fundamentais a adoptar para o uso eficiente da água numa habitação.

As emissões de CO₂ representam um dos principais gases responsáveis pelo efeito de estufa. A sua redução é particularmente importante no alcançar da sustentabilidade ambiental. O uso eficiente da água pode contribuir significativamente para a redução das emissões de CO₂. O consumo de água está inteiramente relacionado com o consumo de energia, sendo que em consequência desta utilização, as emissões de CO₂ são inevitáveis.

7.2. Dificuldades sentidas

A principal dificuldade sentida surgiu na recolha de dados para a realização do caso de estudo. A inexistência de resposta e a inexistência de dados referentes a 2010 por parte de algumas empresas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais condicionou a dimensão da amostra para o caso de estudo, limitando assim a análise da totalidade das empresas do grupo AdP.

O cálculo do volume de AQS utilizado num fogo habitacional apresentou algumas dificuldades, nomeadamente na inexistência de um estudo que contenha a percentagem do volume de água utilizada numa habitação em AQS.

O cálculo das emissões de CO₂ associadas ao consumo de diferentes tipos de energia no aquecimento de AQS foi outra das dificuldades sentidas. A inexistência de estudos que indicassem as diferentes percentagens dos tipos de energia utilizadas condicionou a caracterização das emissões de CO₂ reais associadas ao uso de AQS.

7.3. Síntese de resultados

O caso de estudo analisado na presente dissertação tem como propósito demonstrar a interdependência da água, energia e CO₂, comprovando a eficácia da redução do consumo e água na diminuição das emissões de CO₂. Com este intuito analisou-se dois cenários distintos, o primeiro ao nível da rede de distribuição de água e rede de saneamento de águas residuais e o segundo ao nível do consumo final de água no sector doméstico.

Através da análise do primeiro cenário conclui-se que as empresas de abastecimento de água em Portugal não apresentam o mesmo consumo de energia por m³ de água produzida. Consequentemente as emissões de CO₂ e custo por m³ de água produzida vão

também ser distintos consoante a empresa. O mesmo panorama foi verificado nas empresas de saneamento de águas residuais, apresentando diferentes consumos de energia, emissões de CO₂ e custo por m³ de águas residuais receptadas, consoante a empresa.

Efectuando uma comparação entre as empresas do Grupo AdP em termos do consumo de energia e emissões de CO₂, conclui-se que as empresas de abastecimento de água são as que apresentam o maior consumo de energia e emissões de CO₂.

Analisando o impacto das perdas reais de água nas emissões de CO₂ conclui-se que a aplicação de medidas de prevenção e redução das perdas reais de águas na rede de abastecimento podem significar uma redução substancial nas emissões de CO₂ para a atmosfera. A adopção destas medidas por parte das empresas pode também significar uma redução nos custos associados a sua actividade, podendo alcançar cerca de 1.007.726 €, como demonstrado no caso de estudo.

No segundo cenário analisado, considerou-se que as emissões de CO₂ associadas ao consumo de água no sector doméstico estão inteiramente associadas à utilização de AQS. Conclui-se que dependendo do tipo de energia utilizada no aquecimento de AQS obtêm-se diferentes valores de emissões de CO₂ e custos associados. A análise efectuada demonstrou que o Gás Natural é o tipo de energia mais vantajosa do ponto de vista económico e ambiental. Comparando com os restantes tipos de energia consideradas no estudo, o Gás Natural apresentou o menor valor de emissões de CO₂, sendo que a electricidade apresentou-se como a energia que emitiu maiores quantidades de CO₂, cerca de 19.964 t de CO₂ a mais do que o Gás Natural.

No segundo cenário foram também analisados os potenciais energéticos, económicos e ambientais decorrentes da aplicação de um equipamento de categoria de eficiência hídrica A, nomeadamente um chuveiro, que permitiu a redução do volume de AQS utilizado em 47%. Portanto, esta redução reflectiu-se também na diminuição do consumo de energia, nas emissões de CO₂ e nos custos associados, revelando um potencial elevado na redução das emissões de CO₂ associados ao uso de AQS.

7.4. Conclusões Finais

Em suma, conclui-se que a aplicação de diferentes medidas para o uso eficiente da água pode reflectir-se numa redução substancial do consumo de energia e das emissões de CO₂. Tendo em conta a sua aplicação em diferentes etapas do ciclo urbano da água, e apesar de estarem em sintonia na diminuição do uso da água, podem apresentar diferentes potenciais de redução.

A aplicação de medidas de prevenção, detecção, localização e eliminação de perdas de água na rede pode representar o maior potencial de redução do desperdício de água. A sua implementação vai ter consequências ao nível da produção e distribuição de água. Sendo estas as etapas que apresentam os maiores valores de intensidade energética no ciclo urbano da água, pode-se obter uma redução substancial no consumo de energia e consequentes emissões de CO₂.

Um dos entraves a apontar à redução das perdas de água na rede é a viabilidade económica para as empresas gestoras. O custo relevante desta medida, em algumas situações, pode significar a sua não aplicação.

Quanto à implementação de medidas de eficiência hídrica nas habitações, verifica-se que apenas têm impacto ao nível local, no fogo. Neste caso, para se obter uma eficiência do uso da água relevante, estas medidas teriam de ser aplicadas na totalidade dos fogos fornecidos pela rede de abastecimento, o que não acontece na actualidade.

No sector doméstico, apesar da implementação de medidas para o uso eficiente da água permitirem uma redução no consumo desta, a eficácia do uso destas medidas vão ser condicionadas significativamente pelos hábitos de consumo das populações.

Ao nível do fogo, verifica-se também que a utilização de AQS é o principal responsável pelas emissões de CO₂ associadas ao consumo de água. A selecção adequada do tipo de energia a utilizar nos sistemas de AQS é essencial para a obtenção de uma maior eficácia na diminuição do consumo de energia e das emissões de CO₂, no fogo.

Com base no desenvolvimento desta dissertação conclui-se que a adequada gestão dos recursos hídricos no nosso planeta pode não só evitar a escassez de água no futuro,

como também evitar o constante aumento do aquecimento global, nomeadamente a partir da redução das emissões de CO₂ para a atmosfera.

7.5. Trabalhos futuros

Em estudos futuros, com base no desenvolvimento deste tema, seria interessante:

- O desenvolvimento de estudos exaustivos do custo de aplicação de medidas para minimizar e eliminar perdas de água na rede de abastecimento;
- O desenvolvimento de um estudo do potencial de redução do desperdício de água nas diversas etapas do ciclo urbano da água;
- A criação de legislação detalhada para o uso eficiente da água no sector doméstico em Portugal;
- O desenvolvimento de estudos das emissões de CO₂ associados à utilização de diferentes tipos de equipamentos de AQS;
- O desenvolvimento de estudos sobre a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Vieira, José. *Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional da Água*. Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, p. 5-12 2003.
- [2] PNUEA - *Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água*. Laboratório Nacional Engenharia Civil, Instituto Superior de Agronomia, 2001.
- [3] PNAEE - *Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética - Portugal Eficiência 2015*. Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, 2008.
- [4] *Guia da Eficiência Energética*. Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética, Ministério da Economia da Inovação e do Desenvolvimento, 2010.
- [5] *Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais - Manual do Consumidor*. EnerBuilding.eu, Lisboa, Disponível em: http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/454D170F-48C9-484A-9868-DEC14FBF46BA/803/EE_EdRes_enerbuilding.pdf, 2008.
- [6] *Caracterização Energética Nacional*. DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia, Disponível em: www.dgge.pt
- [7] Costa, Jorge. *Certificação Energética de Edifícios Existentes - Estudo de Caso*. Monografia elaborada para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa, 2008.
- [8] ADENE - *Agência para a Energia* Disponível em: www.adene.pt.
- [9] *Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios*. 2002.
- [10] Jardim, Fátima. *Proposta de Intervenção de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2009.
- [11] Pedrosa, Ana. *Certificação Energética em Edifícios de Habitação Existentes: Caso de Estudo no Concelho de Leiria*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009.
- [12] *Energy Performance of Buildings Directive*. Disponível em: www.epbd-ca.org.
- [13] *Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios*. 2010.

- [14] *Indicação do consumo de energia dos aparelhos domésticos por meio de rotulagem*. Decreto-Lei nº 41/94, Diário da República I Série, nº 35 (11-02-1994), 1994.
- [15] *RCCTE-Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Decreto-lei n.º 80/2006, Diário da República I Série - A , n.º 67 (04-04-2006), 2006.
- [16] *RSECE- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Decreto-lei n.º 79/2006, Diário da República I Série, n.º 67 (04-04-2006), 2006.
- [17] Carvalho, Licínio. *Análise das Implicações do novo RCCTE nos Edifícios de Habitação*. 3.º Congresso da Construção Português, Coimbra, Portugal p.1-12 2007.
- [18] *SCE- Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios*. Decreto-lei n.º 78/2006, Diário da República I Série, nº 67 (04-04-2006), 2006.
- [19] Agency, European Environmental. *Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2006 and inventory report 2008*. 2008.
- [20] Antunes, Ana. *Eficiência Energética no sector residencial aplicada a consumos em modo de vigilância – o caso de estudo EcoFamílias*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2008.
- [21] *Indicadores do Desenvolvimento Mundial - Emissões de CO₂ per capita*. The World Bank, Disponível em: <http://data.worldbank.org/>.
- [22] *Plano Novas Energias, Estratégia Nacional para a Energia - ENE2020*. Ministério da Economia da Inovação e do Desenvolvimento, 2010.
- [23] EDP, Energias de Portugal. *A Energia e o seu impacte ambiental*. Disponível em: www.edp.pt/pt/empresas/precolivre/energiacorporate/Pages/EnergianaEDPCorporate.aspx 2010.
- [24] Lomasa, K. J. *Carbon reduction in existing buildings: a transdisciplinary approach*. Loughborough University, Loughborough, United Kingdom, Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09613210903350937>, 2010.
- [25] *Programa para o Uso Eficiente da Água. Bases e Linhas Orientadoras*. Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005, 2005.
- [26]. www.worldwatercouncil.org, Consultado em Outubro de 2010.
- [27]. www.ecolabelindex.com, Consultado em Outubro de 2010.
- [28]. www.greencouncil.org, Consultado em Outubro de 2010.
- [29]. www.epa.gov, Consultado em Outubro de 2010.

- [30]. www.waterwise.org.uk, Consultado em Novembro de 2010.
- [31]. www.svanen.se, Consultado em Outubro de 2010.
- [32]. www.nordic-ecolabel.org, Consultado em Outubro de 2010.
- [33]. www.waterrating.gov.au, Consultado em Outubro de 2010.
- [34]. <http://www.dublin.ie/environment/home.htm> Consultado em Outubro de 2010.
- [35]. <http://www.watersupplyproject-dublinregion.ie/> Consultado em Novembro de 2010.
- [36] Silva-Afonso, A; Rodrigues, Carla. *A implementação da certificação de eficiência hídrica de produtos em Portugal. Uma iniciativa para a sustentabilidade*. Congresso de Inovação na Construção Sustentável - CINCOS 08, Curia, Portugal, 2008.
- [37] Silva-Afonso, A. *Repensar o uso da água no ciclo predial. Contributos para a sustentabilidade*. Congresso de Inovação na Construção Sustentável - CINCOS'08, Curia, Portugal, 2008.
- [38] ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Disponível em: www.anqip.pt
- [39] Rossa, Sara. *Contribuições para um uso mais eficiente da água no ciclo urbano - Poupança de água e reutilização de águas cinzentas*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.
- [40] EPAL, Empresa Portuguesa de Águas Livres. *Relatório de Sustentabilidade*. Disponível em: <http://www.epal.pt> 2009.
- [41]. Águas da Região de Aveiro, Disponível em: <http://www.adra.pt/>
- [42] *Watergy: Water and Energy Efficiency* United States Agency- Internacional Development, Disponível em: http://www.usaid.gov/our_work/economic_growth_and_trade/energy/publications/projects/global_watergy.pdf, 2000.
- [43] Alanis, Leon. *Measuring Energy Efficiency of Water Utilities*. Master of Science in Civil Engineering, Blacksburg, Virginia, 2009.
- [44] Klein, Gary. *California's Water – Energy Relationship*. California Energy Commission, EUA. Disponível em: <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-011/CEC-700-2005-011-SF.PDF>, 2005.

[45] Cunha, Carlos da. *Telegestão de uma Rede de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Automação, Instrumentação e Controlo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.

[46] ETA - *Estação de Tratamento de Água - Águas do Douro e Paiva*. Disponível em : <http://www.aguaonline.net/gca/?id=62>.

[47] ETAR - *Estação de Tratamento de Águas Residuais*. INETI - Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação, Disponível em : <http://www.ineti.pt>.

[48] Moura, Gustavo. *A relação entre Água e Energia: Gestão Energética nos Sistemas de Abastecimento de Água das Companhias de Saneamento Básico do Brasil*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Planeamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

[49] *Water Conservation = Energy Conservation - A Report for the CWCBC*. Western Resource Advocates, Disponível em: <http://www.circleofblue.org/waternews/wp-content/uploads/2010/08/CWCBCe-wstudy.pdf>, 2009.

[50] Silva, Ana. *Potencial de Poupança Energética no Parque Residencial Português*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa 2008.

[51] EDP, Energias de Portugal. *Guia Prático da Eficiência Energética*. 2006.

[52] Lafay, Jean-Marc. *Análise Energética de Sistemas de Aquecimento de Água com Energia Solar e Gás*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2005.

[53]. <http://www.galpenenergia.com>, Consultado em Abril de 2011.

[54] Silva Afonso, A.; Rodrigues, Fernanda.; Rodrigues, C.P. *Water Efficiency in Buildings: Assessment of its impact on energy efficiency and reducing of GHG emissions*. 5th IASME / WSEAS International Conference on ENERGY & ENVIRONMENT (EE'10), Murray Edwards College, University of Cambridge, Cambridge, UK, February 20-25, 2011, pp. 191- 195. ISSN:1792-8230; ISBN: 978-960-474-274-5., 2010.

[55]. <http://www.edp.pt>, Consultado em Abril de 2011.

[56] Peixoto, Gonçalo. *Sistema integrado de energias renováveis numa moradia unifamiliar*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa 2010.

[57] ADENE; DGE; INETI. *Água Quente Solar para Portugal*. Lisboa, 2001.

[58] Raimo, Patrícia. *Aquecimento de Água no Sector Residencial*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, Brasil, 2007.

- [59] Ilha, Marina; Gonçalves, Orestes; Kavassaki, Yukio. *Sistemas Prediais de Água Quente*. Texto Técnico - Série TT/PCC, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, Brasil, 2009.
- [60] Lima, Juliana. *Otimização de Sistema de Aquecimento solar de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares Utilizando o Programa Trnsys*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, Brasil, 2003.
- [61] Silva-Afonso, A. *Apontamentos sobre Dimensionamento de Sistemas de Circulação e Retorno de Água Quente Sanitária - Gestão Sustentável da Água*. Universidade de Aveiro, 2011.
- [62] *Watergy - Taking Advantage of Untapped Energy and Water Efficiency Opportunities in Municipal Water Systems*. Alliance to Save Energy, Disponível em: <http://www.cee1.org/ind/mot-sys/ww/watergyexecsumm.pdf>.
- [63] *Quantifying the energy and carbon effects of water saving* Full technical report - Energy Saving Trust, Disponível em: http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/EA_EST_Water_Report_Full.pdf, 2009.
- [64]. Despacho n.º 17313/2008, SGCIE — Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, Decreto -Lei n.º 71/2008, Diário da República 2.ª série, nº 122 (22-06-2008), 2008.
- [65] AdP, Águas de Portugal. *Relatório de Sustentabilidade*. Disponível em: <http://www.adp.pt>, 2009.
- [66] Clement Solomon, Peter Casey, Colleen Mackne, Andrew Lake. *Water Efficiency*. U.S. Environmental Protection Agency, Disponível em: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/WW/publications/eti/WaterEff_gen.pdf, 1998.
- [67] *Generic Water Conservation Measures - Department of Natural Resources and Environment*. Disponível em :http://www.michigan.gov/documents/deq/deq-wb-dwehs-wateruse-genericconsmeas_273138_7.pdf
- [68] *Water-Efficient Single-Family New Home Specification Supporting Statement*. Water Sense, Disponível em: http://www.epa.gov/WaterSense/docs/home_suppstat508.pdf, 2008.
- [69] *ETA 0808 - Especificações para a Atribuição de Rótulos de Eficiência Hídrica ANQIP a Torneiras e Fluxómetros*. Especificação Técnica ANQIP, 2010.
- [70] *ETA 0804 - Especificações para a Atribuição de Rótulos de Eficiência Hídrica ANQIP a Autoclismos de Bacias de Retrete*. Especificação Técnica ANQIP, 2008.

[71] *ETA 0806 - Especificações para a Atribuição de Rótulos de Eficiência Hídrica ANQIP a Chuveiros e Sistemas de Duche*. Especificação Técnica ANQIP, 2009.

[72] *Rainwater Harvesting And Utilisation: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers*. UNEP - United Nations Environment Programme, Disponível em: <http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/rainwaterguide.pdf>.

[73] Rupp, Gretchen; Cichowski, Ben. *Rainwater Harvesting Systems for Montana*. Montana State University, EUA, Disponível em: <http://www.montana.edu/wwwpb/pubs/mt199707.html>, 2006.

[74] Bhattacharya, Arjun; Rane, O'Neil. *Harvesting Rainwater: Catch Water Where it Falls*. Disponível em: <http://www.ccsindia.org/ccsindia/interns2003/chap35.pdf>.

[75] *Precipitação Acumulada Anual em Portugal*. Instituto de Meteorologia, Disponível em: <http://www.meteo.pt>, 2011.

[76] Khoury-Nolde, Norma. *Rainwater Harvesting*. Alemanha, Disponível em: http://www.ercsa.eu/uploads/media/Rainwater_infiltration.pdf.

[77] Reis, Ivone. *Eficiência Hídrica ao Nível da Redução de Perdas*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2009.

[78]. www.adp.pt, Consultado em Maio de 2011.

[79] *Relatório & Contas Águas do Porto*, Disponível em: <http://www.aguasdoporto.pt>, 2009.

[80] Rodrigues, Carla. *Um Modelo para a Avaliação da Eficiência Hídrica de Produtos*. Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2008.